AARONIA AG
WWW.AARONIA.DE

Benutzerhandbuch Spectran V4

Bitte lesen Sie unbedingt vor der ersten Inbetriebnahme des Messgerätes nachfolgende Anleitung sorgfältig durch. Die Anleitung gibt Ihnen wichtige Hinweise, wie Sie das Gerät ordnungsgemäß bedienen.

1.3
Aaronia AG
www.aaronia.de

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG 5

1.1. Haftung 5

1.2. Gewährleistung 5

1.3. Sicherheitshinweise 6
1.3.1. Hinweispflicht nach dem Batteriegesetz 7

1.4. Lieferumfang 8

2. ANSCHLÜSSE 10

2.1. Jog Dial / Lautstärkenregler 10

2.2. USB-Anschluss 10

2.3. Audio-Anschluss 11

3. AKKU-BETRIEB 11

3.1. Akku laden 11

3.2. Gerät mit externem Stromanschluss betreiben 12

4. ÜBERSICHT INSTRUMENTEN-FRONT 13

4.1. Bedienungs-Elemente 13

4.2. Zahlen-Block – Hotkeys 14

4.3. LCD-Anzeige 15

5. FUNKTIONSBESCHREIBUNG 16

5.1. Technische Daten 16

5.2. Hauptmenü 17

5.3. Menüpunkte 18
5.3.1. Center (Center-Frequenz) 18
5.3.2. Span (Frequenz-Breite) 18
5.3.3. fLow & fHigh (Start- & Stop-Frequenz) 19
5.3.4. RBW (Bandbreite) 20
5.3.5. VBW (Video-Filter) 20
5.3.6. SwTime (Sweep-Time) 21
5.3.7. Reflev (Referenz-Level) 21
5.3.8. Range (Dynamik) 22
5.3.9. Atten (Abschwächer) 23
5.3.10. PreAmp (interner Preamplifier / Vorverstärker – Option 020) 23
5.3.11. Demod (Demodulator/Audio-Analyse/) 24
5.3.11.1. Demod (GSM-Dekoder) 25

5.3.12. **AudInd** (Audio-Indikator / Wanzensucher – optional) ... 25
5.3.13. **Detect** (Detektor Typ) ... 26
5.3.14. **Disp** (Anzeige-Modus) ... 27
5.3.15. **Unit** (Einheit festlegen) ... 28
5.3.16. **MrkCnt** (Anzahl der Marker festlegen) ... 29
5.3.17. **MarkLvl** (Startlevel der Marker einstellen) ... 29
5.3.18. **MrkDis** (Marker-Display-Modus) ... 30
5.3.19. **BackBB** (Power-Meter Anzeige im Bargraph – optional) ... 31
5.3.20. **AntTyp** (Angeschlossene Antenne einstellen) ... 31
5.3.21. **Cable** (Angeschlossenes Kabel oder Attenuator einstellen) ... 32
5.3.22. **RefOff** (Offset bzw. UBBV-Vorverstärker setzen) ... 32
5.3.23. **GSMbst** (GSM Burst-Typ einstellen) ... 33
5.3.24. **GSMdst** (GSM Slot-Abstand einstellen) ... 33
5.3.25. **Calib** (in Vorbereitung, derzeit nicht nutzbar) ... 33
5.3.26. **Bright** (Helligkeit der Anzeige ändern) ... 33
5.3.27. **Logger** (Aufzeichnung/Datenlogger starten) ... 34
5.3.28. **Setup** (Programme verwalten) ... 36

6. ERSTE INBETRIEBNAHME ... 38

6.1. Einhand-Bedienung mit der HyperLOG Antenne ... 39

6.2. OmniLOG 90200 ... 40

6.3. Pistolengriff ... 40

6.4. Hardware-Setup ... 41

7. RICHTIG MESSEN ... 43

7.1. Grundrauschen ... 43

7.2. Harmonische ... 44

7.3. Messung von WLan & Handys ... 44

7.4. Attenuator-Einstellung „Auto“ ... 45

7.5. Empfindlichkeit ... 45

7.6. Messunsicherheit ... 46

7.7. Cursor- und Zoom-Funktion ... 47

8. ERSTE MESSUNG ... 48

8.1. Gerät zur Messung vorbereiten ... 48

8.2. Was zeigt das Display? ... 48

8.3. Basiswissen ... 49

8.4. Messung ... 49

8.5. Betriebsmodus Spektrum-Analyse ... 49

8.6. Hold-Funktion ... 50

8.7. Schwenk-Methode ... 50

8.8. Betriebsmodus Grenzwert-Berechnung 51
8.9. Betriebsmodus Audio-Wiedergabe (Demodulator) 53
8.10. Betriebsmodus Breitband-Detektor (Peak-Power-Meter) 56
8.11. Manuelle Einstellung des Frequenz-Bereiches 58

9. TIPPS UND TRICKS 60
9.1. Schneller Zero-Span Sweep (Time Domain Modus) 60
9.2. „Turbo“Sweep kleiner Frequenz-Bereiche 60
9.3. „Turbo“Sweep großer Frequenzbereiche 61
9.4. Tasten mit eigenen Parametern belegen 61
9.5. Dect Analyse 61
9.6. Grenzwertberechnungen (Anzeige in W/m² bei „schwachen Signalen“) 62
9.7. Umrechnung der Messergebnisse (in andere Maßeinheiten) 62
9.8. Richtige Einstellungen für Manuelle Eingaben/Messungen 62
9.9. Messungen an Sat-Anlagen 63
9.10. Kabelgebundene Messungen 63

10. GRUNDLAGEN DER SPEKTRUM-ANALYSE 64
10.1. Was ist ein Frequenzbereich? 64
10.2. Grenzwerte sind sehr unterschiedlich 64
10.3. Einsatz der Spektrum-Analyse 65

11. MAßEINHEITEN 70
11.1. Messung der Leistung (dBm; dBµV) 70
11.2. Feldstärke (V/m; A/m) und Leistungsdichte (W/m²) 70
11.3. Kleine Formellehre der Hochfrequenz 71
11.4. Errechnung der Wellenlänge in [m] 72
11.5. Errechnung des „Nahbereiches“ in [m] 73
11.6. Errechnung der Leistungsdichte [W/m²] aus der Leistung [dBm] 73

12. TABELLEN UND GRENZWERTE 74
12.1. Tabellen zur Umrechnung 74
Tabelle 1: Umrechnung dBm zu W/m² mit HyperLOG-Antenne 74
Tabelle 2: Umrechnung von W/m² in µW/cm² und mW/cm² 76
Tabelle 3: Umrechnung von µW/cm² in V/m und A/m 76

Tabelle 4: dBm in dBW und W 76
Tabelle 5: Frequenz, Wellenlänge und Frequenzbandbezeichnung 77
Tabelle 6: Verstärkungsfaktor der Leistung und dazugehöriger dB-Wert: 77

12.2. Frequenz-Tabellen 78
Tabelle 7: Funktelefone, Frequenzen und Betreiber 78
Tabelle 8: Deutsche GSM900 Frequenzen und Betreiber 78
Tabelle 9: Deutsche GSM1800 Frequenzen und Betreiber 79
Tabelle 10: Deutsche UMTS Frequenzen und Betreiber 80

12.3. Grenzwerte 81

12.4. Anlagen-Grenzwerte 83

1. Einführung

Sehr geehrter Kunde,

mit dem Kauf dieses Spectran V4 haben Sie ein professionelles Messgerät erworben, welches Ihnen die Messung von hochfrequenten Feldern ermöglicht.

Dieses Produkt erfüllt die Anforderungen der geltenden europäischen und nationalen Richtlinien.

Bitte beachten Sie: Für die Messung von niederfrequenten Feldern (Netzstrom, Bahnstrom, Transformatoren, Schaltmetzteile, TFT/LCD Monitore, DSL etc.) benötigen Sie zusätzlich ein Spectran Messgerät der NF-Serie, z. B. den Spectran NF-5030.

1.1. Haftung

Das Benutzerhandbuch wurde mit größter Sorgfalt erarbeitet. Fehler können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung kann deshalb nicht übernommen werden. Eine Garantie auf Vollständigkeit kann ebenfalls nicht gegeben werden. Eine Haftung bezüglich der Richtigkeit und der Genauigkeit der Information kann nicht übernommen werden.

Änderungen unserer Produkte und deren Spezifikationen sowie der dazugehörigen Benutzerhandbücher können jederzeit ohne Vorankündigung erfolgen. Eine Verpflichtung zur Überarbeitung bereits gelieferter Dokumente ergibt sich daraus nicht.

1.2. Gewährleistung

Trotz größter Sorgfalt bei der Entwicklung und der Produktion des Gerätes und der kostenlos zur Verfügung gestellten MCS-Software, übernimmt die Aaronia AG keine Garantie für die Eignung für Zwecke, welche nicht schriftlich bestätigt wurden. Eine Gewährleistung auf Fehlerfreiheit der Software kann nicht übernommen werden. Weitere Garantien oder Zusicherungen bezüglich Rechtsmängelfreiheit und Brauchbarkeit für bestimmte Zwecke werden nicht gewährt. Geltendes Recht wird nicht eingeschränkt. Gewährleistungsansprüche beschränken sich jedoch auf das Recht der Nachbesserung. Eine Garantie auf Nichtverletzung von Patenten, Eigentumsrecht oder Freiheit von Einwirkungen Dritter wird nicht gewährt.

1.3. Sicherheitshinweise

Bei Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Bedienungsanleitung verursacht werden, erlischt der Garantieanspruch. Für Folgeschäden übernehmen wir keine Haftung.

Bei Sach- oder Personenschäden, die durch unsachgemäße Handhabung oder Nichtbeachten der Sicherheitshinweise verursacht werden, übernehmen wir keine Haftung. In solchen Fällen erlischt jeder Garantieanspruch.

Aus Sicherheits- und Zulassungsgründen ist das eigenmächtige Umbauen und/oder Verändern des Gerätes nicht gestattet.

Als Spannungsquelle darf nur eine ordnungsgemäße Netzsteckdose 100-240Volt, 50/60Hz) des öffentlichen Versorgungsnetzes verwendet werden. Stellen Sie sicher, dass das Netzkabel nicht gequetscht oder durch scharfe Kanten beschädigt wird.

Achten Sie auf eine sachgemäße Inbetriebnahme des Gerätes. Beachten Sie hierbei diese Bedienungsanleitung.

Die Inbetriebnahme ist von entsprechend qualifiziertem Personal durchzuführen, damit der sichere Betrieb dieses Gerätes gewährleistet ist.

Bringen Sie das Gerät niemals mit Wasser in Berührung. Benutzen Sie es nicht bei Regen. Vermeiden Sie zu hohe Temperaturen, Lassen Sie das Messgerät nicht auf der Heizung, in der prallen Sonne oder im Auto liegen. Reinigen Sie das Gerät nur von außen mit einem leicht feuchten Tuch.

Aufgrund der hohen Empfindlichkeit sind die Sensorik und die Anzeige des Messgerätes schock- und stoßempfindlich. Behandeln Sie es daher sorgsam. Lassen Sie das Messgerät sowie die Antenne nicht fallen. Nutzen Sie zur Aufbewahrung und zum Transport den im Lieferumfang enthaltenen Transportkoffer.

Geräte, die an Netzspannung betrieben werden, gehören nicht in Kinderhände. Lassen Sie deshalb in Anwesenheit von Kindern besondere Vorsicht walten.

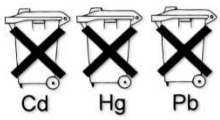
In gewerblichen Einrichtungen sind die Unfallverhütungsvorschriften des Verbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaft für elektrische Anlagen und Betriebsmittel zu beachten.

In Schulen, Ausbildungseinrichtungen, Hobby- und Selbsthilfewerkstätten ist das Betreiben von Netzgeräten durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.

1.3.1. Hinweispflicht nach dem Batteriegesetz

Altbatterien gehören nicht in den Hausmüll. Sie können gebrauchte Batterien unentgeltlich an uns zurücksenden. Sie sind als Verbraucher zur Rückgabe von Altbatterien gesetzlich verpflichtet.

Schadstoffhaltige Batterien sind mit einem Zeichen, bestehend aus einer durchgestrichenen Mülltonne und dem chemischen Symbol (Cd, Hg oder Pb) des für die Einstufung als schadstoffhaltig ausschlaggebenden Schwermetalls versehen:



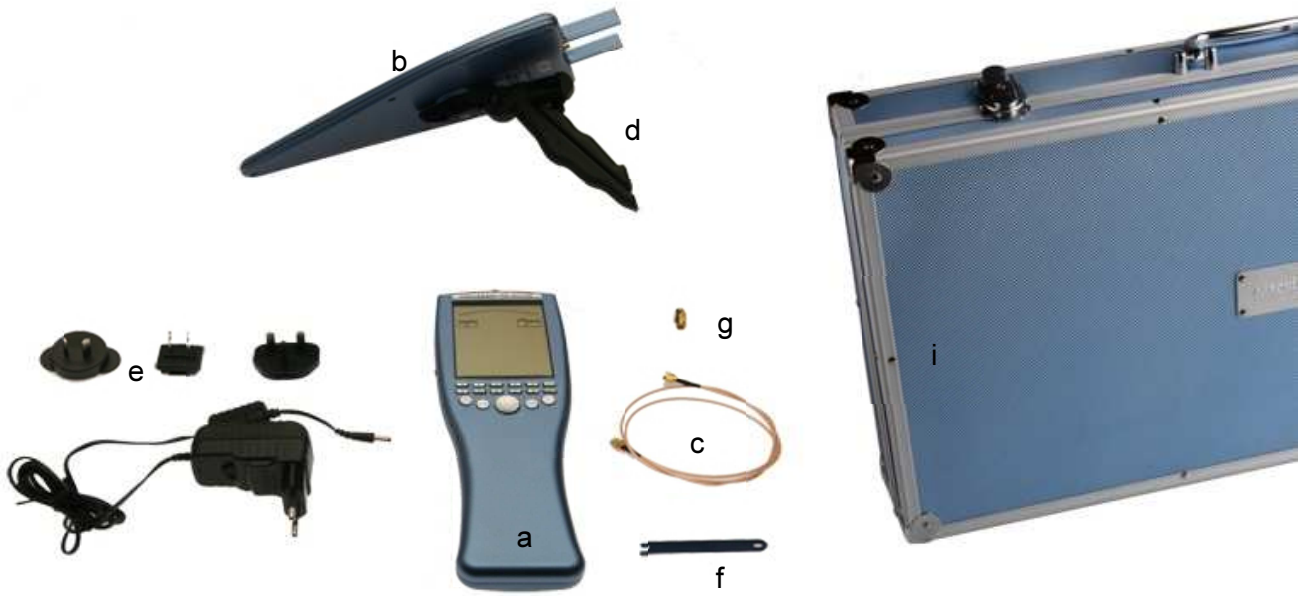
1. „Cd" steht für Cadmium.
2. „Hg" steht für Quecksilber.
3. „Pb" steht für Blei.

1.4. Lieferumfang

Bitte prüfen Sie vor der ersten Inbetriebnahme den Lieferumfang auf Vollständigkeit. Reklamieren Sie fehlende Teile sofort bei Aaronia oder Ihrem zuständigen Aaronia-Fachhändler.

Zum Lieferumfang gehören:

a) Spectran HF 60xx V4 Messgerät
b) HyperLOG Messantenne
c) SMA-Kabel 1m
d) Aaronia-Pistolengriff/Ministativ
e) Ladegerät (Netzteil) mit vier Adaptern
f) SMA-Schlüssel (Tool)
g) SMA-Adapter
h) Aaronia 1300mAh Power-Akku (nicht sichtbar, da eingebaut)
i) Alu Transportkoffer



WARNUNG:
Vermeiden Sie die Überlastung des Eingangs durch die Einspeisung zu hoher Leistungen, ansonsten kann die hochempfindliche Elektronik zerstört werden!
Die maximal erlaubte Peak-Leistung, die am Eingang des SPECTRAN V4 anliegen darf, beträgt:

- Bei aktiviertem Vorverstärker (Option 020): Maximal 0dBm (Peak)

- HF-6060 V4 & HF-6080 V4 (Vorverstärker AUS): Maximal +10dBm (Peak)

- HF-60100 V4 (Vorverstärker AUS): Maximal +20dBm (Peak)

2. Anschlüsse

2.1. Jog Dial / Lautstärkenregler

Der Jog Dial (s. Pfeil Bild) ersetzt, wie auf modernen Handys oder PDAs, die Oben/Unten Pfeiltasten (Drehen des Jog Dial)

sowie die Entertaste (kurzes Drücken des Jog Dial) .

Die gesamte Menüführung ist hiermit möglich.

2.2. USB-Anschluss

Der 5-polige Mini USB B Anschluss des Messgerätes (s. Bild u.) ermöglicht die schnelle Kommunikation mit einem Computer oder Laptop. Sie können so z. B. den Datenlogger des Spectan auslesen, Software-Updates aufspielen oder mit Hilfe der Spectran PC-Software MCS eine Echtzeit-Verbindung mit dem Messgerät herstellen und so eine erweiterte Signalanalyse direkt am PC durchführen.

Zum Anschluss nutzen Sie bitte das optional erhältliche, speziell abgeschirmte USB 2.0 Kabel mit USB A auf Mini USB B 5-polig Stecker (s. Aaronia-Zubehör). Dieses verfügt über eine EMV-Filterung und reduziert so u. U. auftretende Störungen.

2.3. Audio-Anschluss

Das Messgerät verfügt über eine genormte 2,5 mm Mono-„Klinkenbuchse“. Sie können sie mit allen Geräten verbinden, die einen Audioeingang besitzen. Je nach Hersteller und Gerät sind diese unterschiedlich bezeichnet, z. B. Phono, CD, Line in, Mic usw. Je nach Art des Eingangs benötigen Sie ein entsprechendes Adapterkabel, welches Sie im Fachhandel erwerben können. Unser Zubehör (z. B. Mini-Kopfhörer) kann aber direkt angeschlossen werden.

3. Akku-Betrieb

Das Spectran HF Messgerät enthält ein Hochleistungs-Akku-Paket, welches bereits im Gerät verbaut ist. Das Akku-Paket ist aus Sicherheitsgründen jedoch noch nicht geladen.

3.1. Akku laden

Das Ladegerät an die Netzleitung anschließen und den Klinken-Stecker des Ladegerätes mit dem Stromanschluss des Messgerätes verbinden (s. Bild u.) Schalten Sie den Spectran nun aus und das Akku-Paket wird geladen.
Ein vollständiger Ladezyklus dauert bei dem Standard-Akku-Paket ca. 24 Stunden, die optional erhältliche 3000mAh LiPo Version benötigt ca. 36 Stunden.

3.2. Gerät mit externem Stromanschluss betreiben

Neben dem Laden des integrierten Akkus ermöglicht das Netzteil auch, das Messgerät unabhängig von dem internen Akku-Paket zu betreiben.
Sie können auch andere Gleichstromquellen mit 12V anschließen. Als Anschluss-Stecker muss ein 3,5mm Klinkenstecker verwendet werden. Der Anschluss-Stecker muss dabei wie folgt gepolt sein:

Innenpol „Plus“ / Außenpol „Minus„

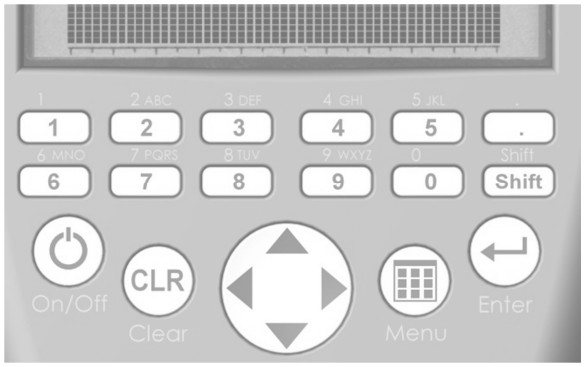
Ein optional erhältlicher Stromadapter für den 12V-Anschluss ermöglicht es, das Messgerät auch im Pkw zu betreiben.

Bitte beachten Sie, dass aufgrund des Betreibens des Messgerätes am Netzteil u. U. zusätzliche Störstrahlung durch das Netzteil entsteht und das Messergebnis dadurch verfälschen kann. Zur Vermeidung dieser u. U. auftretenden Störstrahlung bei Langzeitmessungen empfehlen wir das Messgerät über einen externen, großen Akku zu betreiben. Dieser kann dann sogar mehrere Wochen problemlos Strom liefern. Besonders vorteilhaft ist hier eine sog. „Powertasche“ bzw. „Akkutasche“ aus dem Fachhandel. Diese besitzen einen regulären 12 V-Anschluss und können so mit dem vorgenannten Adapterkabel betrieben werden.

Achtung: Alle Kabel/Geräte, die Sie an den externen Stromanschluss anschließen, müssen einen Gleichstrom von 12V liefern. Als Stecker ist ein normgerechter Klinkenstecker mit 3,5 mm Durchmesser zu verwenden (Innen-Polung PLUS – Außen-Polung MINUS)

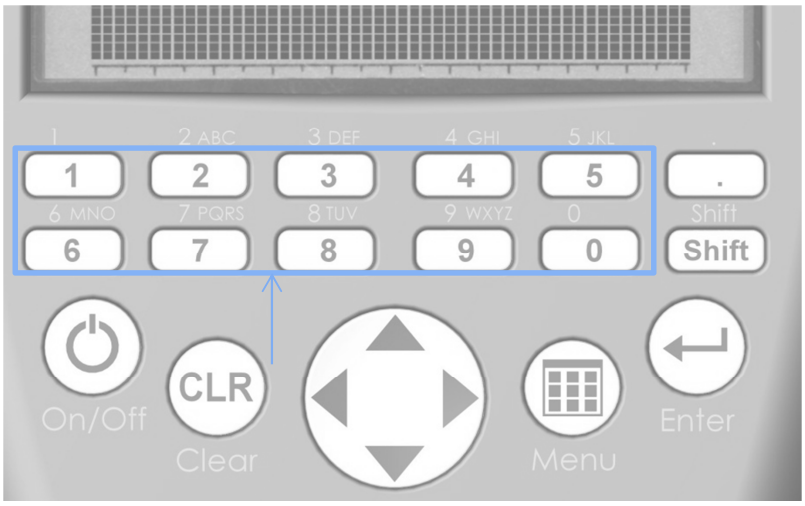
4. Übersicht Instrumenten-Front

4.1. Bedienungs-Elemente



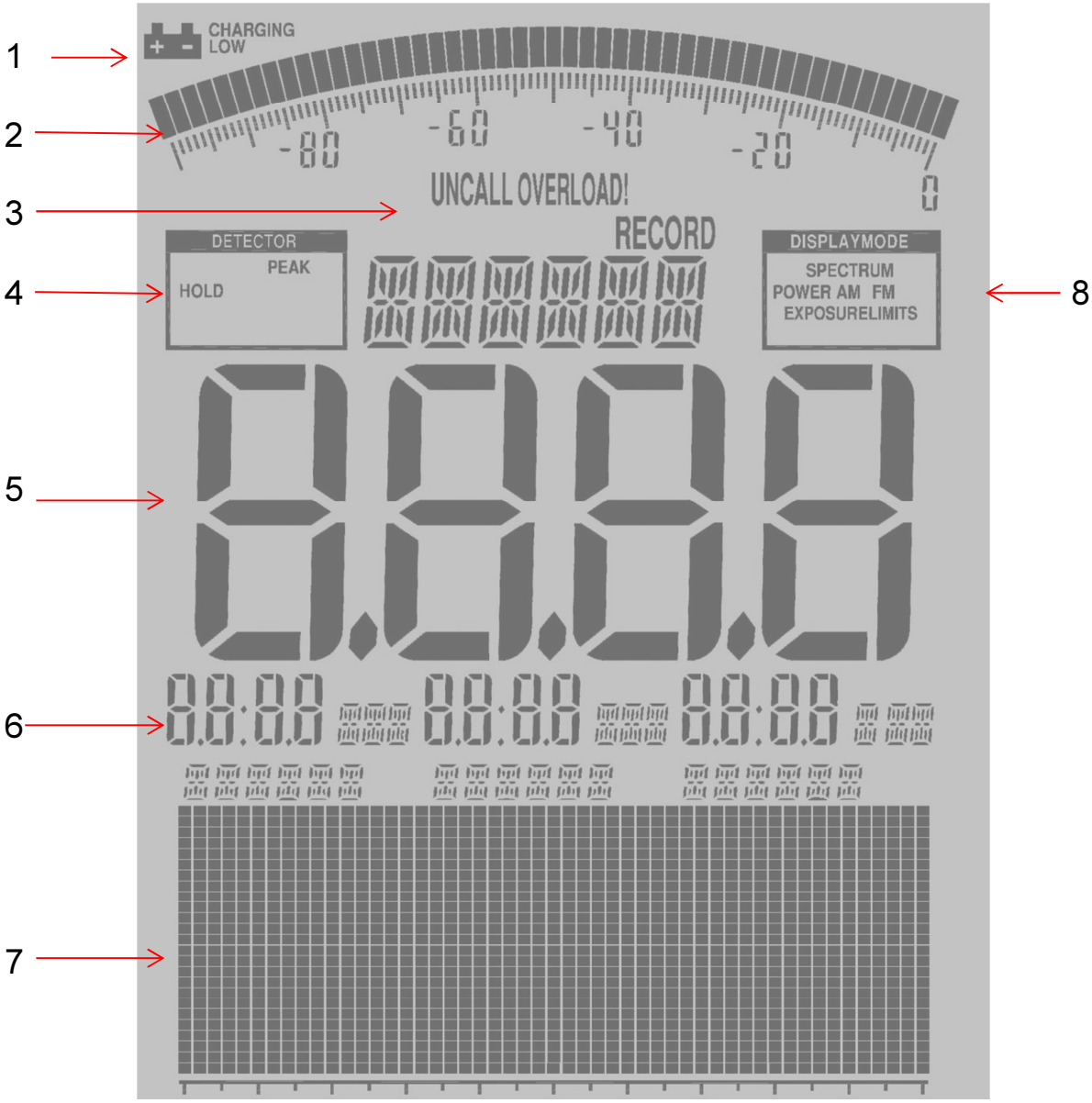
On/Off-Taste	Schaltet das Gerät ein bzw. aus
Clear-/ Reset-Taste	-Setzt diverse Sweep-Parameter in die Werks-Einstellung zurück -Löscht die Eingabe bei aktivem Haupt-Menü
Pfeil-Tasten	**Bei aktivem Haupt-Menü:** Auswahl der Menüpunkte/Einträge **Im Modus Spektrum-Analyse:** Rechts/Links-Taste: Frequenzbereich um einen SPAN verschieben Oben/Unten-Taste: Reference-Level um 10 dB verschieben **Im Modus Grenzwertberechnung:** Rechts/Links-Taste: *Grenzwerte* bzw. *W/m²-Anzeige* auswählen **Im Modus Audio:** Rechts/Links-Taste: Mittenfrequenz um einen RBW verschieben Oben/Unten-Taste: RBW (Bandbreite) erniedrigen, erhöhen.
Punkt-Taste	**Modus Spektrum-Analyse & Grenzwert-Berechnung:** HOLD an/aus **Modus Audio:** Umschalten zwischen AM/ FM
Shift-Taste	**Modus Spektrum-Analyse & Grenzwert-Berechnung** Min/Max Detektor an/aus (bei „an“ erscheint Peak, bei „aus“ erscheint kein Hinweis im Display und Gerät arbeitet im RMS Detektor Modus)
Enter-Taste	-Schaltet zwischen Modus Spektrum-Analyse, Grenzwert-berechnung, Audio und Breitband-Detektor (optional) -Bei aktivem Hauptmenü: Schließt Eingabe ab
Menü Taste	-Das Hauptmenü zur Einstellung diverser Parameter aufrufen/deaktivieren

4.2. Zahlen-Block – Hotkeys



1 = Tetra	(380 – 400 MHz)
2 = ISM434	(433 – 434,8 MHz)
3 = LTE800	(780 – 862 MHz)
4 = ISM868	(868 – 870 MHz)
5 = GSM900	(921,2 – 959,6 MHz / Sendetürme, kein Handy)
6 = GSM18k	(1800 – 1880 MHz / Sendetürme, kein Handy)
7 = UMTS	(2110 – 2170 MHz / Sendetürme, kein Handy)
8 = WLan	(2400 – 2490 MHz / Sendetürme, kein Handy)
9 = LTE2.6	(2500 – 2690 MHz)
0 = DECT-Analyzer	(1880 – 1900 MHz) DECT-Analyzer Modus

4.3. LCD-Anzeige



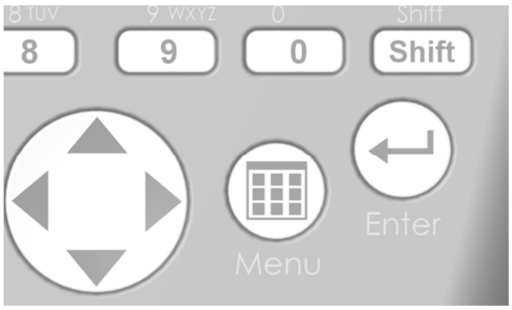
1 = Batterie-Anzeige
2 = Bargraph (50 Segmente / Skala
3 = Statusfeld
4 = Detector-Anzeige
5 = Hauptanzeige
6 = Marker-Block 1, 2, 3
7 = Grafik-Display (Pixel-Feld)
8 = Displaymode

5. Funktionsbeschreibung

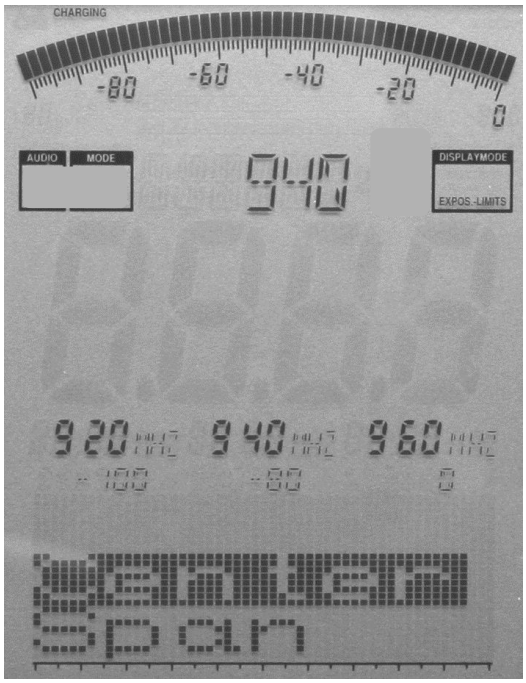
5.1. Technische Daten

	HF-6060 V4	**HF-6080 V4**	**HF-60100 V4**
Frequenzbereich	10MHz – 6 GHz	10MHz – 8 GHz	1MHz – 9,4 GHz
DANL	-135dBm (1Hz)	-145dBm (1Hz)	-155dBm (1Hz)
DANL mit Vorverstärker	-150dBm (1Hz)	-160dBm (1Hz)	-170dBm (1Hz)
Max. PeakLevel HF Eingang:	+10dBm	+10dBm	+20dBm (opt.+ 40dBm)
Schnellstmögliche Sample-Time	10mS	10mS	5mS
Filterbandbreiten (RBW)	3kHz bis 50 MHz	1kHz bis 50MHz	200Hz (nur mit Option 002) bis 50 MHz
Einheiten	dBm, dBµV, V/m, A/m, W/m² (dBµV/m, W/cm² usw. über PC Software)	dBm, dBµV, V/m, A/m, W/m dBµV/m, W/cm² usw. über PC Software)	dBm, dBµV, V/m, A/m, W/m² (dBµV/m, W/cm² usw. über PC Software)
EMV Filter	-	-	200Hz, 9kHz, 120kHz, 200 kHz, 1,5MHz, 5MHz
Detektoren	RMS, Min/Max	RMS, Min/Max	RMS, Min/Max
Demodulation	AM, FM	AM, FM, PM	AM, FM, PM, GSM
Eingang	50 Ohm SMA HF-Eingang (f)	50 Ohm SMA HF-Eingang (f)	50 Ohm SMA HF-Eingang (f)
Genauigkeit	+/- 2dB	+/- 2dB	+/- 1dB
Schnittstelle	USB 2.0/1.1	USB 2.0/1.1	USB 2.0/1.1
Gewicht	430 g	430 g	430 g

5.2. Hauptmenü



Durch Drücken der Menütaste gelangen Sie in das Menü. Über die Menüsteuerung können Sie das Messgerät steuern, diverse Einstellungen vornehmen aber auch den Datenlogger starten oder eigene Programme abspeichern oder abrufen. Durch erneutes Drücken der Menütaste können Sie das Menü jederzeit wieder verlassen.



Nach dem Aufruf der Menüsteuerung steht Ihnen die Menüführung zur Verfügung: Der aktuell angewählte Menüpunkt wird „schwarz“ hinterlegt (invertiert) dargestellt. Hier im Beispiel als „Center“ zu sehen.

Zum jeweils angewählten Menüpunkt wird die aktuelle Einstellung als „Klartext“ eingeblendet. In unserem Fall die aktuell eingestellte Center-Frequenz „940“. So ersparen Sie sich eine aufwendige manuelle Suche der einzelnen Menüpunkte.

Tipp: In den Markerblöcken 1 – 3 werden, von links nach rechts, ständig folgende Informationen angezeigt:
Start-, Center- und Stopp-Frequenz
darunter (von links nach rechts) die aktuellen Werte für **Range, MrkLvl und Reflev**.

Es ermöglicht Ihnen z. B. während einer Messung durch einen kurzen Aufruf des Menüs den aktuellen Frequenz-Bereich etc. einzusehen. Zum Verlassen drücken Sie einfach nochmals die Menütaste und die Messung wird ohne Änderung der Parameter fortgesetzt.

Um einen Menüpunkt zu wechseln, benutzen Sie die Oben/Unten Pfeil-Tasten oder den Jog Dial

Mit der Enter-Taste gelangen Sie in den aktuell angewählten Menüpunkt, wo Sie Eingaben per Tastatur vornehmen können oder per Oben/Unten Pfeil-Tasten eine Auswahl treffen können. Die Eingabe/Auswahl wird mit der Enter-Taste abgeschlossen und Sie gelangen wieder in die Menüführung.

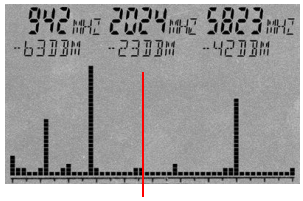
Erst wenn Sie das Menü verlassen, werden die Änderungen übernommen.

5.3. Menüpunkte

Es gibt zwei Möglichkeiten, den Frequenzbereich manuell einzustellen:

- **über Center** (Centerfrequenz) und **Span** (Frequenzbreite) oder
- **über fLow & fHigh** (Start- und Stopp-Frequenz)

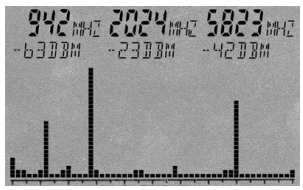
5.3.1. Center (Center-Frequenz)



Center Frequenz

Gibt die Frequenz in der Bildschirmmitte an. Beim Ändern der Center-Frequenz wird der Span-Parameter. übernommen. Sie können so schnell verschiedene Frequenz-Bereiche bei identischem Span und ohne mühsame Änderung einer Start-/Stopp-Frequenz untersuchen.

5.3.2. Span (Frequenz-Breite)

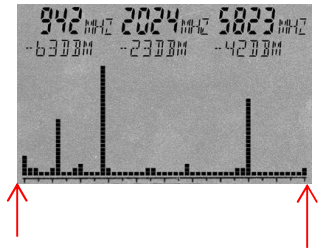


← S P A N →

Der Span legt die Frequenzbreite des Sweeps fest. Die Änderung bezieht sich auf die zuvor beschriebene Center Frequenz der Anzeige. Durch Ändern des Span wird automatisch die „Start/Stop-Frequenz“ angeglichen, um den Span einhalten zu können. Die Span-Funktion ist daher auch mit einer „Lupenfunktion“ zu vergleichen, die allerdings nur in der X-Achse funktioniert.

Beispiel: Als Center-Frequenz 945 MHz und als Span 10 MHz eingeben, so wird von 940 – 950 MHz gesweept. Geben Sie als Span 200 kHz ein, so wird von 944,9 bis 945,1 MHz gesweept usw. Sie vergrößern oder verkleinern die Auflösung also stets „mittig“ um die Center-Frequenz.

5.3.3. **fLow & fHigh** (Start- & Stop-Frequenz)



fLow
Start-Frequenz

fHigh
Stop-Frequenz

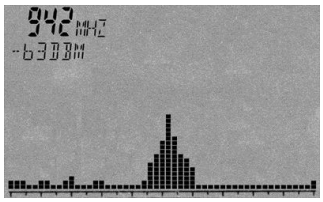
Mit fLow (Start-Frequenz) legen Sie fest, bei welcher Frequenz der Sweep starten soll, mit fHigh (Stopp-Frequenz), wo der Sweep enden soll. Daraus resultiert der gesamte Frequenzbereich, der gesweept wird.

Tipp: Ein großer Frequenz-Bereich mindert die Messgenauigkeit und erschwert die Darstellung in der X-Achse. Einzelne Signale, insbesondere dicht zusammenliegende, sind daher oft nicht mehr zu unterscheiden. Zur besseren Darstellung von großen Frequenz-Bereichen empfehlen wir dringend die Verwendung der mitgelieferten MCS Software.

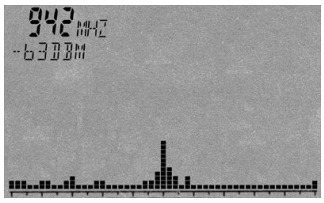
Verkleinern Sie den Frequenz-Bereich, so können Sie den Bereich genauer untersuchen. Sie erhalten eine wesentlich bessere Detailtreue und eine höhere Messgenauigkeit. Einen großen Frequenz-Bereich empfehlen wir daher nur um sich einen schnellen Überblick zu verschaffen, nicht jedoch für eine genaue Messung.

Mit den Rechts/Links-Pfeil-Tasten kann der Sweep-Bereich auch direkt nach rechts oder links um eine Span-Einheit verschoben werden.

5.3.4. **RBW** (Bandbreite)



RBW (3MHz)



RBW (1MHz)

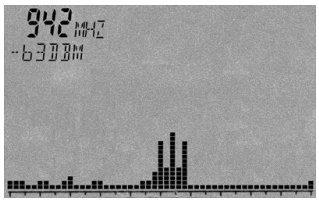
Mit der Bandbreite werden gleichzeitig die Detailtreue und die Empfindlichkeit eingestellt.

Ist die Bandbreite sehr hoch gewählt oder steht sie gar auf „FULL“, so erfolgt der Sweep zwar sehr schnell, doch wird die Anzeige relativ ungenau und die Empfindlichkeit ist relativ gering. Sehr schwache Signale werden also nicht mehr erfasst.

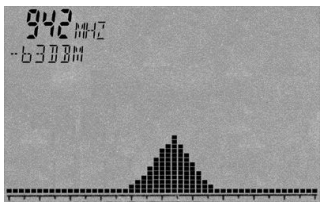
Je kleiner die Bandbreite eingestellt wird, desto länger benötigt der Sweep, doch desto genauer wird die Anzeige und auch schwächere Signale können dargestellt werden. So kann sich z. B. ein zuvor mit hoher Bandbreite gesweeptes Signal bei sehr kleiner Bandbreite als mehrere, dicht zusammenliegende schmalbandige Signale entpuppen.

Allerdings geht dieser Gewinn an Detailtreue auf Kosten der Geschwindigkeit. D. h. die Laufzeit verlängert sich erheblich.

5.3.5. **VBW** (Video-Filter)



VBW = Full



VBW – 100KHz

Der Video-Filter dient zur optischen Glättung des Signals. Je niedriger der Video-Filter eingestellt ist, desto breiter und „sauberer“ erscheint das Signal.

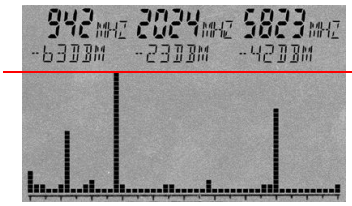
Störendes Grundrauschen, Nebenwellen oder sporadisch auftretende Spurs werden unterdrückt. Die Anzeige verliert jedoch bei niedriger Videofilter-Einstellung an Aussagekraft. In unserem Beispiel könnte das Signal auch aus drei dicht nebeneinander liegenden Signalen bestehen. Der niedrige Videofilter glättet die Signale dagegen zu „einem“ Signal. Das Nebenrauschen wurde ebenfalls „weggeglättet“. Bei schwachen Signalen sollte der Video-Filter daher möglichst hoch gewählt werden.

Tipp: Mit den Rechts/Links-Pfeil-Tasten kann der Sweep-Bereich auch direkt nach rechts oder links um eine Span-Einheit verschoben werden.

5.3.6. **SwTime** (Sweep-Time)

Damit legen Sie die Messdauer fest. Da eine Messung aus mehreren Samples besteht (in der Regel 51 pro Sweep), liegt die gesamte Mess-Zeit (Sweep-Zeit) entsprechend höher. Je höher die Sweep-Zeit eingestellt wird, desto genauer erfolgt die Messung, doch desto länger dauert die Messung.
Bei einer SwTime von <=20mS wird die UNCALL-Anzeige aktiviert.

5.3.7. **Reflev** (Referenz-Level)



Mit dem sogenannten Reference-Level können Sie die Position der dargestellten Signale relativ zum oberen Bildschirmrand in dBm einstellen. Je kleiner dieser eingestellt ist, desto weiter nähern Sie sich dem sogenannten Grundrauschen und desto mehr Störsignale werden sichtbar.

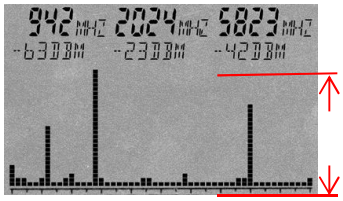
Reflev (Reference-Level) dBm

Der Reference-Level dient daher z. B. zur grafischen Unterdrückung von störenden, schwachen Signalen. Je höher der Reference-Level eingestellt ist, desto mehr schwache Signale und Störungen werden ausgeblendet. Es werden nur noch die „Spitzen“ der stärksten Signale angezeigt, der Rest wird „abgeschnitten“. Sie können so z. B. ein starkes Hauptsignal besser sichtbar machen. Wollen Sie hingegen sehr schwache Signale anzeigen, so sollte der Reference-Level möglichst gering eingestellt sein.

Tipp: Mit den Oben/Unten Pfeil-Tasten kann der Reference-Level jederzeit um 10 dB nach oben oder unten verschoben werden.

5.3.8. **Range** (Dynamik)

Der Range legt fest, wie „groß“ der sichtbare Ausschnitt dargestellt werden soll. Stellen Sie Range auf 100dB (Maximum) ein, so erhalten Sie die größtmögliche Übersicht über alle Signalquellen. Die Balken der einzelnen Signale werden quasi von oben nach unten „zusammengedrückt“, um alles darstellen zu können.



Range (Dynamik)

Bei einem Range von 50 werden dagegen mehr Details sichtbar, doch könnte jetzt ein Teil der Signalquellen oben oder unten „abgeschnitten“ werden (je nach RevLev-Einstellung). Man kann Range daher auch mit einer „Lupenfunktion“ vergleichen, die allerdings nur in der Y-Achse funktioniert.

5.3.9. **Atten** (Abschwächer)

Der interne Attenuator schwächt das eingespeiste Signal um den entsprechenden dB-Wert ab, um eine Überlastung des HF-Eingangs zu vermeiden.

Er kann von erfahrenen Anwendern auch manuell eingestellt werden, ansonsten gilt die Empfehlung, die Einstellung unbedingt auf der Standard-Einstellung „Auto“ belassen.

WARNUNG:
Bei abgeschalteter „Auto“-Funktion müssen Sie einen Attenuator bei Signalen über -20dBm zuschalten um Fehlmessungen zu vermeiden.

Bei Signalstärken über 0 dBm (Peak) kann sogar der Eingang zerstört werden, wenn Sie keinen Attenuator entsprechend zuschalten.

5.3.10. **PreAmp** (interner Preamplifier / Vorverstärker – Option 020**)**

Der optionale interne rauscharme Vorverstärker (Preamp) verstärkt das anliegende Signal um ca. 15 dB. Daher wird eine erheblich höhere Messempfindlichkeit erreicht.
Mit „Off“ wird der PreAmp ausgeschaltet (Default), mit „On“ eingeschaltet. Beachten Sie bitte, dass der interne PreAmp nicht im gesamten Frequenzbereich konstant vorverstärkt. Bei sehr niedrigen bzw. sehr hohen Frequenzen beginnt seine Verstärkung nachzulassen. Unterhalb von 30 MHz bzw. oberhalb von 9 GHz ist die Verstärkung fast Null und kann das Signal sogar dämpfen. Hier sollte der PreAmp daher immer ausgeschaltet werden, um eine optimale Empfindlichkeit zu erreichen.

WARNUNG:
Bei abgeschalteter „Auto“-Funktion müssen Sie einen Attenuator bei Signalen über -20dBm zuschalten um Fehlmessungen zu vermeiden.

Bei Signalstärken über 0 dBm (Peak) kann sogar der Eingang zerstört werden, wenn Sie keinen Attenuator entsprechend zuschalten.

5.3.11. **Demod** (Demodulator/Audio-Analyse/)

Mit dem Demodulator können Sie Pulsungen & Modulationen bis ca. 3,5kHz hörbar machen. Hierzu sind drei Modulationsarten verfügbar:
AM (**A**mplituden **M**oduliert)
FM (**F**requenz **M**oduliert)
PM (**P**hasen **M**oduliert)

Mit der „Punkt"-Taste wechseln Sie zwischen AM und FM.

Mit „OFF" oder Drücken der Menü-Taste wird der Demodulator ausgeschaltet. Die Demodulation erfolgt um die Center-Frequenz. Die Bandbreite kann mit RBW eingestellt werden.
Sie können daher sehr selektiv einzelne, schmale Frequenz-Bereiche „abhören". In diesem Modus ist der Filter aber etwas unschärfer. Starke Signale von Nachbarfrequenzen können u. U. zu hören sein.
Beispiel: Sie demodulieren das Signal eines DECT-Telefons (Taste 0), haben aber ebenfalls einen GSM900-Sender in der Nähe. Je nach Ausrichtung der Antenne können Sie jetzt durchaus auch die GSM-Modulation hören.

Tipp: Da die Demodulation in quasi „Echtzeit" erfolgt, eignet sie sich auch hervorragend, um blitzschnell eine Signalquelle zu orten.

5.3.11.1. **Demod** (GSM-Dekoder)

Der Eintrag GSM aktiviert einen leistungsfähigen GSM-Dekoder-Modus. Anstatt der Spektrum-Anzeige wird der fortlaufend dekodierte Datenstrom angezeigt. Wird kein dekodierbares Signal empfangen, erfolgt keine Anzeige auf dem Display.

Folgende Symbole werden genutzt:

„*“ = Nicht dekodierbares Signal (Sender zu schwach oder Signal gestört. Die Empfangsleistung sollte mindestens -70dBm betragen. Bei hohen Pegeln müssen Sie u. U. den Vorverstärker abschalten bzw. den Attenuator zuschalten.
„F“ = FCCH erkannt
„S“ = Sync erkannt
„0-7“ = Entsprechender Colorcode bzw. TSC (Training Sequence) gefunden

5.3.12. **AudInd** (Audio-Indikator / Wanzensucher – optional**)**

Die Funktion AudInd dient zur schnellen akustischen Ortung von Sendequellen, insbesondere zur „Wanzensuche“. Dabei ertönt ein Tonsignal, dessen Stärke und Pulsfrequenz proportional zur Signalstärke geändert wird.

Achtung: Die Änderung des Tonsignals erfolgt erst **NACH** jedem Sweep und bezieht sich auf den höchsten Messwert. Um diese Funktion daher sinnvoll einsetzen zu können, sollte der Sweep sehr schnell sein. Daher nur bei einem schnellen Zero-Span Sweep (Span=0 Hz) oder im Breitband-Detektor Modus (Option 20x) einsetzen. Hierbei die Sampletime immer auf Minimum, also auf 1 mS setzen. Mit „Off“ wird der Audioindikator abgeschaltet, mit „MaxAmp“ wird er eingeschaltet.

Tipp: Mit Hilfe von Referenz-Level können Sie die Dynamik jederzeit optimal anpassen.

5.3.13. **Detect** (Detektor Typ)

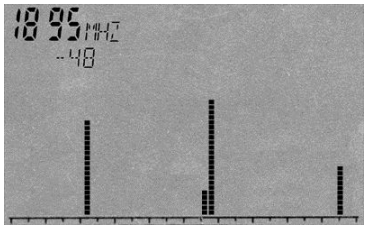
Mit Detect können Sie den Detektortyp auswählen. Je nach Signalart und Mess-Norm sind verschiedene Detektortypen einzusetzen. Als Standard wird RMS genutzt.

RMS (Root Mean Square)

Summe aller Samples aus der Wurzel (I^2+Q^2). Im Mode-Statusfeld wird hierbei kein Symbol aktiviert. Dieser Detektor dient zur Ermittlung der echten Leistung innerhalb des Abtastzeitraums auf einer Frequenz und ist bei vielen Grenzwertberechnungen, wie z. B. der ICNIRP, zwingende Vorschrift. Das Mode-Statusfeld ist dann ohne Anzeige.

MinMax (PEAK)

Hierbei wird der aktuelle (I^2+Q^2) Sample gegen den vorher ermittelten höchsten Sample verglichen. Es wird der jeweils höchste Sample-Wert beibehalten und dessen Min/Max angezeigt. Im Mode-Statusfeld wird das Symbol „PEAK“ aktiviert.



Dieser Detektor ist besonders bei Signalen mit hohen Crest-Faktor (WiMAX, DVB-T etc.) oder Frequency-Hopping (DECT) sehr praktisch um den Crest-Faktor (Pegelunterschied zwischen RMS und MinMax) bzw. den Peak-Wert ermitteln zu können. Signale werden im MinMax-Modus schraffiert unterlegt, wenn das Signal breit genug dargestellt werden kann (kleiner Span). Die „Breite“ der Grafik oberhalb der Schraffur ist dabei der MinMax-Wert des Signals.

Über den DECT-Hotkey (Taste 0) wird ein DECT-Telefon gemessen (MinMax-Modus wird automatisch aktiviert). Des Weiteren wird der Time Domain Modus aktiviert. Echte DECT Signale werden als sporadische, scharfe „Nadelspitzen“ mit unterschiedlichen Höhen im Spektrum angezeigt. Ein einstreuendes Handy würde dagegen als eine gleichmäßige Ansammlung fast gleich hoher Spitzen ähnlich einem „Lattenzaun“ dargestellt werden. So sind die Signalarten gut zu unterscheiden. Gut zu beobachten ist dieser Unterschied bei der Nutzung der Aaronia PC-Software MCS, wenn dort die Signale im Time Domain Modus als 3D-Grafik dargestellt werden.

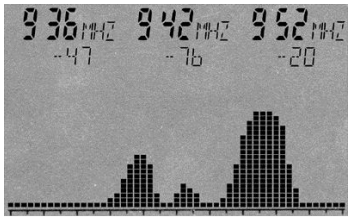
Achtung: Das Grundrauschen erhöht sich um ca. 10 dB im MinMax-Modus.

5.3.14. Disp (Anzeige-Modus)

Mit Disp können Sie zwischen verschiedenen Anzeigemodi auswählen. Drücken der „Punkt“-Taste wechselt zwischen:

Write
-führt keinerlei Änderung auf der Anzeige durch und ist die Standardeinstellung.

Hold (im Mode-Statusfeld erscheint „Hold“)
-das Spektrum-Display wird nicht mehr gelöscht, daher bleiben alle angezeigten Signale (Peaks) in der Spektrum-Anzeige ständig sichtbar. Die Anzeige kann nur noch von höheren Signalen überschrieben werden. Dies bezieht sich natürlich auch auf die Marker und den Bargraph (außer bei optional installiertem Power-Meter).
Diese Funktion eignet sich zur Erstellung von Tagesdiagrammen, wenn Sie diesen Modus z. B. 24 Std. aktiviert lassen. Oder als „Event-Recorder“, wenn Sie sporadisch auftretende Signale ermitteln wollen und daher diesen Modus aktiviert lassen, bis dieses Ereignis festgehalten ist.
Auch normgerechte Messungen nach der Schwenkmethode (s. Kap. 7) werden im Hold-Modus vorgenommen.



Beispiel nach einer 20minütigen Autofahrt mit aktiviertem Hold-Modus. Deutlich erkennbar ist, dass während der Fahrt lediglich Sender von T-Mobile (952 & 942 MHz) und Vodafone (936 MHz) aktiv waren.

Tipp: Zur Grenzwertberechnung können Sie die mit der Hold-Funktion gewonnenen Daten für einen schnellen einfachen Vergleich von Grenzwerten nutzen, ohne eine neue Messung durchzuführen, da die Marker mit allen Informationen gespeichert werden. Hierzu nach der Messung in den Modus Grenzwert-Berechnung schalten und Sie erhalten das Ergebnis sofort angezeigt.

5.3.15. Unit (Einheit festlegen)

Mit Unit können Sie einstellen, in welcher Einheit der Spectran die Messwerte anzeigen soll. Derzeit stehen folgende Einheiten zur Verfügung.

dBm (DezibelMilliWatt)
dBµV (DezibelMicroVolt)
V/m (VoltMeter)
mA/m (MilliAmperMeter)

Im Modus „Grenzwert-Analyse“ wird ebenfalls die Leistungsdichte in W/m² (inkl. Autorange) angezeigt. In diesem Modus können Sie sich gleichzeitig drei Einheiten anzeigen lassen, da der Bargraph in dBm ebenfalls angezeigt wird.
Die Unit-Funktion eignet sich auch zum Umrechnen gemessener Werte. Hierzu den ermittelten Wert mit „Hold“ (Disp-Menü) „einfrieren“ und dann eine neue Einheit wählen. Die Umrechnung wird sofort angezeigt.

Tipp: Sie können eine Anzeige der gewählten Einheit im großen Info-Feld erzwingen, indem Sie die Menütaste zweimal drücken. Der Text im großen Info-Feld wird dann durch eine Anzeige der gerade genutzten Einheit ersetzt.

5.3.16. **MrkCnt** (Anzahl der Marker festlegen)

Mit MrkCnt können Sie die Anzahl der Marker festlegen. Dies ist besonders praktisch, wenn Sie nur ein Signal an einer bestimmten Frequenz messen möchten und die Marker-Anzahl auf „1“ beschränken. Sie haben dann keine ständig „springenden“ Marker mehr.

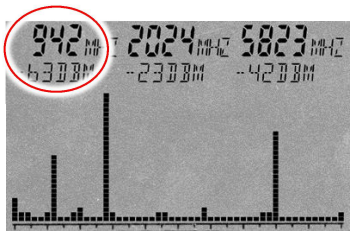
Mögliche Eingaben sind 1, 2 oder 3.

5.3.17. **MarkLvl** (Startlevel der Marker einstellen)

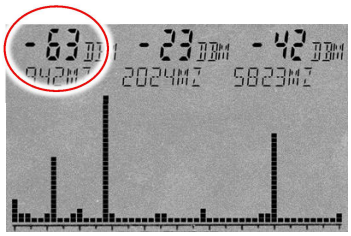
Mit MrkLvl können sie einstellen, ab welcher Signalstärke Marker bzw. Grenzwertberechnungen und Anzeigen in W/m² angezeigt werden sollen. Es stehen Einstellungen von -30dBm bis -110dBm zur Verfügung.

Bei der Einstellung -30dBm werden Marker erst ab einer sehr hohen Signalstärke von -30dBm angezeigt. Bei der Einstellung -110dBm werden dagegen bereits allerkleinste Signale, aber auch Störsignale bzw. Rauschen als Marker angezeigt. Die Einstellung -70 dBm liefert meist die optimalen Ergebnisse (Grundeinstellung)

5.3.18. **MrkDis** (Marker-Display-Modus)



Freq. (Frequenz wird groß dargestellt)



Amp. (Amplitude wird groß dargestellt)

Dieser Modus legt fest, wie die Marker angezeigt werden. Da die einzelnen Anzeigefelder der Marker bzgl. Größe und Lesbarkeit hohe Unterschiede aufweisen, sind zwei Einstellungen abrufbar.

Freq. (Frequenz) stellt die Frequenz der einzelnen Marker groß dar. Die Amplitude (Signalstärke in dBm) wird jeweils klein darunter dargestellt.

Ampl. (Amplitude) stellt die Amplitude (Signalstärke in dBm) der einzelnen Marker groß dar. Die Frequenz wird jeweils klein darunter dargestellt. In der Regel wird der Modus Freq. Genutzt, da die einzelnen Frequenzen der Marker meist die wichtigste Information darstellen und gut lesbar sein sollen.

5.3.19. BackBB (Power-Meter Anzeige im Bargraph – optional)

Mit BackBB beeinflussen Sie die Bargraph-Anzeige (nur in Verbindung mit Option 20x möglich)
Wählen Sie „Spec“, so wird der höchste Messwert der Spektrum-Anzeige im Bargraph angezeigt (default).
Wählen Sie dagegen „BBand“, so wird ab jetzt im Bargraph immer der Pegel des Power Meters angezeigt. So erhalten Sie eine perfekte Übersicht der gerade vorherrschenden Signallage (gleichzeitige breitbandige und frequenzselektive Anzeige)
Die Pegelanzeige über dem Power-Meter ermöglicht eine extrem schnelle, breitbandige Detektion hochfrequenter Signalquellen in dBm bzw. dBµV bis zu 10 GHz (je nach Version). Die Empfindlichkeit für eine Detektion liegt, je nach Frequenz, bei ca. -50dBm. Der maximale Signalpegel liegt bei ca. +10dBm. (s. Kap. 8.10.)

5.3.20. AntTyp (Angeschlossene Antenne einstellen)

Mit AntTyp müssen Sie die angeschlossene Antenne angeben, ansonsten können Fehlmessungen erfolgen. Hierbei steht

„HL7025“ für HyperLOG7025
„HL7040“ für HyperLOG7040
usw.

Haben Sie keine Antenne angeschlossen, so geben Sie den Typ „None“ (0dBi) ein.

In der MCS-Software können auch kundenspezifische Antennen erstellt werden.

5.3.21. **Cable** (Angeschlossenes Kabel oder Attenuator einstellen)

Mit Cable müssen Sie das angeschlossene Kabel (des Spectran-Messgerätes zur Antenne) angeben, da sonst Fehlmessungen erfolgen können. Hierbei steht
„1m Std“ für das mitgelieferte 1m SMA-Kabel. Haben Sie kein Kabel angeschlossen, so wählen Sie den Typ „None“. Im HF-60100 V4 können Sie auch „-20dB“ auswählen um den optionalen externen 20dB Attenuator zu betreiben. Nur so wird auch die Feldstärke- bzw. Leistungsdichte-Anzeige richtig berechnet. Der Messbereich erstreckt sich dann bis +40dBm. In der MCS-Software können auch kundenspezifische Kabel erstellt werden.

5.3.22. **RefOff** (Offset bzw. UBBV-Vorverstärker setzen)

Mit RefOff können Sie ein beliebiges Offset setzen. Mit +0dB wird ein positiver (z. B. Kabel oder Attenuator), mit „-dB“ ein negativer (z. B. Verstärker oder Antenne) Offset gesetzt.
Es kann nur ein Offset gesetzt werden.
Mit „UBBV12“ wird unser optionaler 40dB Vorverstärker gesetzt. „0dB“ (oder CLR-Taste drücken) setzt alle Offsets wieder zurück (Default).

5.3.23. **GSMbst** (GSM Burst-Typ einstellen)

Mit GSMbst können Sie einstellen, auf welchen Bursttyp sich die Hauptanzeige (dBm) bei aktiviertem GSM-Dekoder (s. Kap. 5.3.13.) beziehen soll.

Zur Auswahl stehen:
All (Alle Bursttypen: Default)
FCCH (Anzeige von „F“ im Dekoder-Display)
SYNC (Anzeige von „S“ im Dekoder-Display)
NonDec (Anzeige von „*“ im Dekoder-Display)
Col.0 – Col.7 (Colorcode 0-7; Anzeige von 0 – 7 im Dekoder-Display)

5.3.24. **GSMdst** (GSM Slot-Abstand einstellen)

Mit GSMdst können sie den Abstand der GSM-Slots einstellen.

5.3.25. **Calib** (in Vorbereitung, derzeit nicht nutzbar)

5.3.26. **Bright** (Helligkeit der Anzeige ändern)

Mit Bright können Sie die Helligkeit der Anzeige ändern. Drehen Sie dazu am Jog Dial, bis die gewünschte Helligkeit erreicht ist. Bestätigen Sie die Einstellung mit der Enter-Taste. Die Einstellung wird nun dauerhaft gespeichert.

5.3.27. Logger (Aufzeichnung/Datenlogger starten)

Mit Logger können Sie eine Langzeitaufzeichnung (Logger) im aktuellen Frequenzbereich starten. Hierbei wird über einen frei wählbaren Zeitraum immer wieder der höchste Marker mit Frequenz und Pegel aufgezeichnet. Mit dieser Funktion können Sie z. B. Tagesdiagramme eines Wlan o. ä. erstellen.
Die PC-Auswertung über eine Tabellenkalkulations-Software könnte dann z. B.wie nebenstehend aussehen

Nach dem Start werden Sie nach folgenden Parametern gefragt:
„Count“ – Anzahl der Logs (möglich sind 1 – 9999)
„Time“ – Länge der Pausen zwischen den Logs in Sekunden
„FILEId“ – Programm-Nummer, unter der die Daten gespeichert werden sollen. Über die PC Analyse-Software werden die Daten unter dieser Nummer wieder ausgelesen Unterstützt werden hierbei die Programm Nummern 1000 - 1009.

Nach der Eingabe von „FILEId“ erscheint im Memory-Statusfeld „Record“. Der Logger zur Aufzeichnung bereit. Das Drücken der Menü-Taste startet die Aufzeichnung. Während der Aufzeichnung wird die Anzahl der noch verbleibenden Logs bei jedem Log kurz im Grafik-Display eingeblendet (Zähler)
So können Sie erkennen, wie lange die Aufzeichnung noch dauern wird. Bei jeder Aufzeichnung ertönt zusätzlich ein kurzer Ton. Ist die Aufzeichnung beendet, so verschwindet „Record“ wieder im Memory-Statusfeld. Die Daten können jetzt mit der PC-Software „MCS“ ausgelesen werden. Starten Sie in der MCS-Software unter „Spectran“ den „Datei-Manager“. Klicken Sie die Datei „Logger Data“ im Verzeichnis „Spezial“ an.

Die Logger-Daten werden sofort als fortlaufende Liste/Tabelle (erst der Pegel in dBm, dann die Frequenz in MHz) angezeigt. Über die Standard „Copy und Paste“ Funktion können Sie die Daten jetzt kopieren und z. B. in einer Tabellenkalkulation grafisch aufbereiten.

Achtung: Bei großen Datenmengen kann das Auslesen etwas Zeit benötigen. Die dBm-Werte werden mit zwei Nachkomma-Stellen ausgelesen.

Bitte beachten Sie, dass der interne 64K Speicher schnell überfordert sein kann. Wir empfehlen daher zur Nutzung der Logger-Funktion dringend unsere 1MB Speichererweiterung (Option 001).

RunPrg (Programm ausführen)

Spectran hat ein eigenes Datei-System, auf dem diverse Programme gespeichert sind. Auch Sie können Programme schreiben und im Programmspeicher des Spectran abspeichern.
Die Speicherung von SETUP's erfolgt ebenso als Programm (s. nächster Absatz) Jedes Programm wird hierbei unter der eigenen spezifischen Nummer abgespeichert. Die Programm-Nummern können mit dieser Funktion wieder aufgerufen und das jeweilige Programm ausgeführt werden. Geben Sie hierzu einfach die Programm-Nummer ein. Es stehen die Nummern 300 bis 400 zur Verfügung.

Achtung: Es werden nur dann Daten gespeichert, wenn ein Marker auf dem Display sichtbar ist. Stellen Sie daher besonders bei sehr schwachen Signalen sicher, dass das Marker-Level entsprechend niedrig genug eingestellt ist.

5.3.28. **Setup** (Programme verwalten)

Mit Setup können Sie einzelne Programme bzw. Konfigurationen verwalten. Hierzu stehen folgende Funktionen zur Verfügung.
„**Store**“ speichert die aktuellen Einstellungen des Spectran (Frequenzbereich, RBW etc.) als „Mini-Programm“ ab. Hierzu stehen die Programmnummern 300 – 400 zur Verfügung. Sie können so immer wieder benötigte Einstellungen abspeichern und mit der zuvor beschriebenen Funktion RunPrg jederzeit wieder aufrufen.
Sie können sich aber auch eigene Hotkeys erstellen. Benutzen Sie dazu einfach die Programm-Nr. 100 – 109, die den Tasten 0 bis 9 entsprechen. So gespeicherte Programme können dann jederzeit über den entsprechenden Hotkey wieder aufgerufen werden.
Mit der PC-Software MCS können Sie, neben einer Vielzahl weiterer Parameter, jedem Programm zusätzlich noch eine Beschreibung mit bis zu 6 Zeichen hinzufügen, die dann in der Info-Anzeige angezeigt wird. (z. B. wie Hotkey5 „GSM900“. Auch sind dann genauere Frequenzangaben möglich.
Ohne Beschreibung wird dagegen in der Info-Anzeige der aktuell angezeigte Text nicht geändert oder gelöscht.

Folgende Parameter werden z. Z. mit „Store“ direkt abgespeichert (MCS-Bezeichnungen in Klammern)

Start-Frequenz - ganzzahlige kHz (STARTFREQ)
Stop-Frequenz – ganzzahlige kHz (STOPFREQ)
RBW-Filter (RESBANDW)
Video-Filter (VIDBANDW)
Sweeptime (SWEEPTIME)
Attenuator (ATTENFAC)
Reference-Level (REFLEVEL)
Display-Range (DISPRANGE)
Detektor Typ (PULSMODE)

Del” löscht ein zuvor gespeichertes Programm unwiderruflich. Geben Sie die Nummer des zu löschenden Programmes ein.

„**CalRun**“ führt eine Neu-Kalibrierung des Grundrauschens durch. (Hierbei unbedingt die Hinweise der nächsten Seite beachten.) Das Grundrauschen wird hierbei an einer Vielzahl von Stützpunkten ermittelt und dauerhaft abgespeichert.

„**Factor**“ setzt das Gerät in die Werkseinstellung (Lieferzustand) zurück. Diese Funktion ist hilfreich, um Fehleinstellungen rückgängig zu machen. Hotkeys werden gelöscht, interne P-Programme (P-Code) werden auf Ursprungszustand zurückgesetzt. Kalibrierungen, Einstellungen bzgl. Antennen, werden in den Werkszustand gesetzt. Die Logger-Daten werden nicht gelöscht. Abgespeicherte Programme (mit eigener Nummer) im Speicher werden nicht gelöscht. Ausschließlich die Settings werden gelöscht. Eine komplette Löschung ist nur über die MCS Software möglich.

Achtung: Stellen Sie bei der Neu-Kalibrierung des Grundrauschens unbedingt sicher, dass keine Störsender den Kalibriervorgang beeinflussen können. Schließen Sie daher keine Antenne, kein USB-Kabel oder Netzteil an und führen Sie die Kalibrierung in einem möglichst HF-freien Raum durch (z. B. Kellerraum). Die besten Ergebnisse erhalten Sie, wenn Sie während der Kalibrierung den optional erhältlichen Präzisions-Kalibrier-Widerstand (Art-Nr. 779) am Spectran montieren. Dieser wird auf den SMA-Eingang geschraubt.

6. Erste Inbetriebnahme

Entfernen Sie die Schutzfolie der LCD-Anzeige.

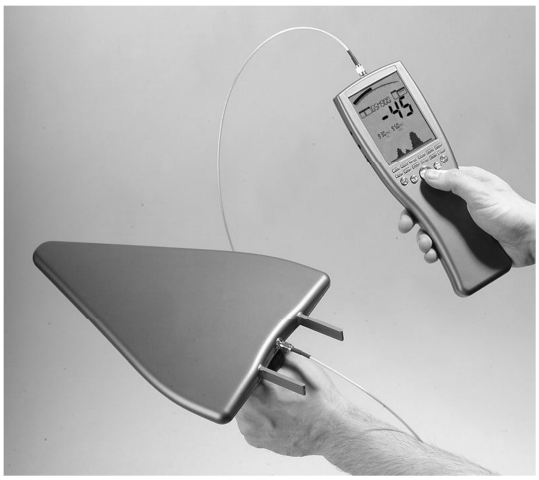
Verbinden Sie jetzt die HyperLOG-Antenne mit Hilfe des beiliegenden SMA-Kabels mit dem Spectran Messgerät.

Hierzu schrauben Sie zuerst mit der Hand das SMA-Kabel vorsichtig an die SMA-Buchse des Spectran Messgerätes. Die Verschraubung sollte sehr leichtgängig erfolgen. Hierbei keinesfalls Gewalt anwenden. Sobald Sie einen Widerstand spüren, mit Hilfe des SMA-Schlüssels die Verschraubung leicht nachziehen. Auch hierbei keinesfalls mit Gewalt nachziehen. Niemals den Überdrehungsschutz des SMA-Schlüssels auslösen. Dieser beginnt dann abzurutschen, sobald zu große Kräfte einwirken.

Befestigen Sie jetzt ebenfalls mit der Hand das andere Ende des SMA-Kabels mit der HyperLOG Antenne. Anschließend mit dem SMA-Schlüssel, wie bereits zuvor beschrieben, ohne Gewalt nachziehen.

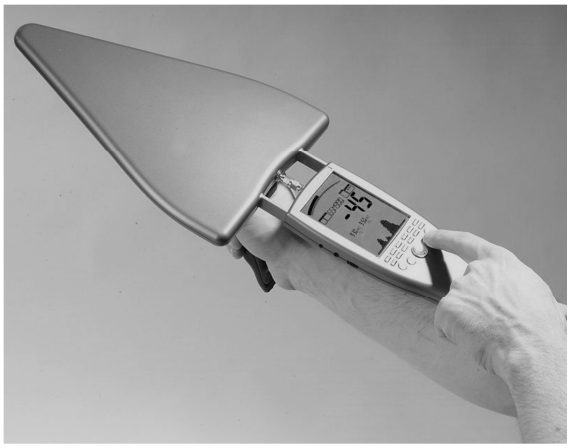
Zum Schluss den im Lieferumfang enthaltenen Pistolengriff an der Unterseite der HyperLOG Antenne verschrauben. Den Pistolengriff hierbei so ausrichten, dass die Spitze der HyperLOG Antenne von der Hand des Anwenders weg zeigt (s. Bild).

Führen Sie nun ein Hardware-Setup durch (S. Kap. 6.4.)

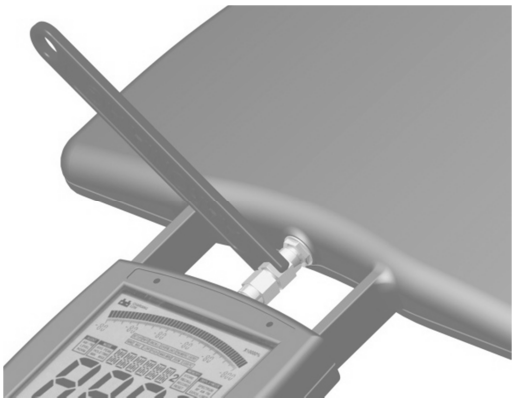


6.1. Einhand-Bedienung mit der HyperLOG Antenne

Hierbei erfolgt die direkte Montage der HyperLOG Antenne an das Spectran Messgerät, um eine kompakte Messeinheit zu bilden. Dies bietet für die Tastenbedienung des Messgerätes Vorteile, da die Tasten jetzt während der Messung mit der freien Hand laufend bedient werden können. Allerdings ist eine Ausrichtung der Antenne jetzt nicht mehr unabhängig von dem Messgerät möglich, was zu einer Einschränkung beim Ablesen der Messergebnisse führen kann.



Schrauben Sie hierzu von Hand den SMA-Adapter vorsichtig an die SMA-Buchse des Messgerätes. Auch wiederum sehr leichtgängig und ohne Gewalt. Sobald Sie einen Widerstand spüren, mit Hilfe des SMA-Schlüssels die Verschraubung leicht nachziehen. Auch wiederum ohne Gewalt. (s. Bild unten li.)



Befestigen Sie jetzt die Antenne. Hierbei werden die Führungsschienen der HyperLOG Antenne gleichmäßig und ohne Gewalt in die vorgesehenen Aufnehmer am Gehäuse des Spectran Messgerätes geschoben. Vorsichtig und ohne Gewalt bis die SMA-Buchse der Antenne in den SMA-Adapter einrastet. Von Hand den SMA-Adapter mit der Antenne verschrauben. Hierbei die Antenne immer wieder etwas weiter in die Aufnehmer des Messgerätes nachschieben. Sobald der SMA-Adapter mit der Antenne verschraubt ist, mit dem SMA-Schlüssel, wie vor beschrieben, nachziehen. (s. Bild oben. re.). Führen Sie nun ein Hardware-Setup durch (s. Kap. 6.4.)

6.2. OmniLOG 90200

Optional ist eine OmniLOG 90200 Antenne erhältlich. Diese wurde speziell für eine omni-direktionale Messung im GSM (GSM900, GSM1800, GSM1900), UMTS und 2,4 GHz WLAN-Frequenzbereich entwickelt. Sie wird vom Spectran V4 direkt unterstützt.

Im Vergleich zur HyperLOG-Antenne kann mit der OmniLOG Antenne die direkte, radiale Feldstärke gemessen werden, ohne die Antenne ausrichten zu müssen,

Schrauben Sie die OmniLOG-Antenne an die SMA-Buchse des Spectran-Messgerätes. Die Verschraubung sollte sehr leichtgängig erfolgen ohne Gewalt anzuwenden. Sobald Sie einen Widerstand spüren, sollte die Antenne fest genug sitzen. Sie können die Antenne auch um 45 °oder um 90°abwinkeln, wie auf der Abbildung erkennbar.

Achtung: Mit der OmniLOG Antenne können Sie keine Peilung vornehmen, d. h. Sie können nicht bestimmen, aus welcher Richtung die Strahlung kommt. Auch ist der Gewinn der OmniLOG Antenne geringer, als der der HyperLOG Antennen. Daher können Sie mit den HyperLOG Antennen erheblich schwächere Signale messen.

6.3. Pistolengriff

Der Pistolengriff lässt sich sowohl an der HyperLOG Antenne als auch am Spectran montieren. Das Messgerät lässt sich so auch als Tischgerät aufstellen. Hierzu den Pistolengriff als Ministativ aufklappen.

6.4. Hardware-Setup

Vor jeder Messung müssen Sie am Messgerät eingeben, welche Antenne bzw. welches Kabel Sie angeschlossen haben. Ansonsten können gravierende Fehlmessungen erfolgen, da jede Antenne und jedes Kabel höchst unterschiedliche Eigenschaften aufweist. Alle Aaronia-Antennen und Kabel sind daher zuvor kalibriert worden. Die typischen Kalibrierdaten können Sie am Messgerät einstellen. Die Hinterlegung kundenspezifischer Kalibrierdaten ist ebenfalls möglich.

In der Werkseinstellung (Auslieferungszustand) ist die empfohlene Konfiguration „HyperLOG Antenne“ mit „1 m SMA-Kabel“ eingestellt. Sie müssen daher jetzt keine Änderung vornehmen, wenn Sie diese Konfiguration nutzen.

Für einen Hardware-Setup drücken Sie bitte die Menü-Taste.
Sie gelangen jetzt in das Hauptmenü.

Gehen Sie mit Hilfe der Oben/Unten-Pfeiltasten oder des Jog Dials zuerst zum Menüpunkt „AntTyp“.

Aktivieren Sie den Menüpunkt durch Drücken der ENTER-Taste oder einen Klick auf den Jog Dial.

Sie erhalten jetzt eine Liste von Antennen. Wählen Sie mit den Oben/Unten Pfeiltasten oder mit Hilfe des Jog Dials die angeschlossene Antenne aus. Hierbei entspricht eine „HL7025“ der HyperLOG 7025 usw.

Haben Sie keine Antenne angeschlossen, so wählen Sie den Antennentyp „None“.

Bestätigen Sie Ihre Auswahl durch Drücken der Enter-Taste oder einen Klick auf den Jog Dial. Sie gelangen jetzt wieder in das Hauptmenü.

Gehen Sie mit Hilfe der Oben/Unten-Pfeiltasten oder des Jog Dials nun zum Menüpunkt „Cable“.

Aktivieren Sie den Menüpunkt durch Drücken der Enter-Taste oder einen Klick auf den Jog Dial.

Sie erhalten jetzt eine Liste von Kabeln. Wählen Sie mit den Oben/Unten-Pfeiltasten oder mit Hilfe des Jog Dials, das angeschlossene Kabel aus.

Der Eintrag „1m Std“ entspricht dabei dem mitgelieferten 1 m SMA-Kabel. Haben Sie kein Kabel angeschlossen, so wählen Sie den Kabeltyp „None“.

Bestätigen Sie Ihre Auswahl durch Drücken der Entertaste oder einen Klick auf den Jog Dial. Sie gelangen jetzt wieder in das Hauptmenü.

Drücken Sie erneut die Menütaste und die Werte werden übernommen und dauerhaft gespeichert.

Achtung: Alle Angaben zu Antennen und Kabeln werden dauerhaft, auch nach Ausschalten des Gerätes, gespeichert. Vergewissern Sie sich daher vor jeder erneuten Benutzung des Gerätes, dass die angeschlossene Antenne und das Kabel auch mit den im Hardware-Setup gemachten Angaben übereinstimmen, damit Fehlmessungen vermieden werden.

7. Richtig messen

Hochfrequente Strahlung hat u. U. für den Laien irritierende Verhaltensmuster.

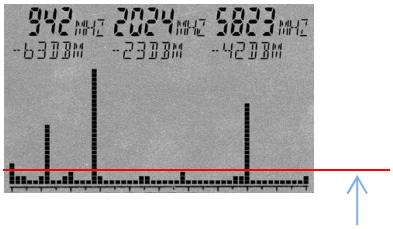
In der Praxis sind Hochfrequenzstrahlungen selten von der Quelle her gleichmäßig abnehmend. Durch Reflektionen, Streuungen und Beugungen (z. B. aufgrund von Häusern, Bäumen, Wänden und Einrichtungen etc.) sind insbesondere in Innenräumen massive punktuelle Konzentrationen messbar, die sogenannten „Hot Spots“. Die Unterschiede in der gemessenen Leistung können hier innerhalb weniger cm durchaus um das 10 – 100-fache schwanken. Daher ist es in Innenräumen recht schwierig, die eigentliche Quelle bzw. die maximale Höhe der HF-Strahlung zu bestimmen.

Hochfrequente Felder sind oft auch auf Metallgegenständen messbar, da diese wie Antennen funktionieren und entsprechende „Konzentrationen“, Reflektionen bzw. Weiterleitungen von hochfrequenten Feldern ermöglichen. Auch Stromkabel sind daher Träger von hochfrequenten Feldern und können diese „einfangen“ und an beliebiger Stelle wieder aussenden. So können selbst gut geschirmte Räume durch ein banales Netzkabel wieder „verstrahlt“ werden. Um dies zu vermeiden, müssen geschirmte Räume z. B. mit sogenannten Netzfiltern versehen werden. Insbesondere die vermehrte Nutzung des gemeinen Stromkabels für die Datenübertragung (z. B. Internet oder Signal-, Bild- und Tonübertragung), führen hier vielfach zu Störungen bzw. Abstrahlungen.

7.1. Grundrauschen

Das sogenannte Grundrauschen zeigt die Grenze an, unter der keine reale Messung mehr möglich ist. Hier sind nur noch Störsignale zu finden, die sich als Ansammlung von kleinen „Punkten“ oder Balken darstellen, die entweder an der Stelle verharren oder sich bei jedem Sweep verändern (rauschen). Je nach Frequenz und gewählten Einstellungen ist der Grundrauschpegel aber sehr unterschiedlich und muss **vor** der Messung ermittelt werden.

Beim Spectran nimmt das Grundrauschen bei niedrigen Frequenzen zu. Das Grundrauschen bei 100MHz ist daher erheblich höher als bei 5 GHz. Erfahrene Anwender können dennoch u. U. Grundrauschen von echten Signalen unterscheiden.



Das Grundrauschen kann ermittelt werden, indem eine Messung ohne Antenne bzw. Signalquelle durchgeführt wird und ein 50 Ohm Abschluss eingesetzt wird. Dann evtl. angezeigte Signale sind das Grundrauschen des Gerätes.

Grundrauschen (unterhalb der Linie)

7.2. Harmonische

Unter Harmonische versteht man einen typischen Effekt, der bei Spektrum-Analysatoren auftritt. Ist ein relativ starkes Signal vorhanden, so tauchen neben dem eigentlichen Signal, in nahezu regelmäßigen Abständen, schwächere Signale auf, die sog. „Harmonischen“. Sie sind das Mehrfache der eigentlichen Signalfrequenz.

Ein 400MHz Signal wird z. B. auch bei 800MHz, 1200MHz,1600MHz usw. angezeigt. Ein 1800MHz Signal auch bei 3600MHz und 5400MHz usw. Man bezeichnet diese Signale auch als 2. Harmonische, 3. Harmonische usw.

Im Zweifel sollte man daher stets mit einer Kontrollmessung die Centerfrequenz halbieren. Findet man dann ein entsprechendes Signal vor, so hat man zuvor eine Harmonische gemessen.

Der Spectran zeigt mit der aktuellen Software Harmonische, je nach Signalstärke, bereits mit einer Abschwächung von ca. 30 – 50 dB an.

7.3. Messung von WLan & Handys

Um WLan und Handys korrekt messen zu können, sollten Sie deren Eigenheiten kennen. Beide Systeme sind nämlich nur in den seltensten Fällen überhaupt richtig aktiv, um eine sinnvolle Messung vornehmen zu können.

Mit einem Handy müssen Sie aktiv telefonieren. Nur klingeln lassen reicht oft nicht. Beachten Sie bitte auch, dass Handys bei gutem Empfang, oder wenn Sie nicht telefonieren, die Sendeleistung sofort stark drosseln.

Bei einem WLan sollten Sie kontinuierlich Daten übertragen. Wenn das System nur im „Pin“-Modus arbeitet, müssen Sie eine lange Sampletime (5s) nutzen.

7.4. Attenuator-Einstellung „Auto“

Diese Einstellung ermöglicht eine optimale, automatische Schaltung des Attenuators. Hierbei muss jedoch vor jedem Sweep eine kurze Einmessung erfolgen, um den richtigen Attenuator setzen zu können, welches den Sweep geringfügig verzögert. Diese Verzögerung ist abhängig von der gewählten Sampletime nach der Formel:

Verzögerung = Sampletime/10.

Die maximale Verzögerung beträgt 10mS und wird bereits bei 100mS Sampletime erreicht.

Um den Auto-Attenuator immer sauber schalten zu können, müssen Sie die Sampletime auf mindestens 100mS stellen. Ansonsten können, insbesondere im unteren Frequenzbereich, sporadisch auftretende Pegelfehler auftreten.

Die Verzögerung entfällt, wenn Sie den Attenuator nicht auf „Auto“ belassen, sondern per Hand schalten (0/10/20/30/40dB).

7.5. Empfindlichkeit

Beachten Sie bitte, dass bei Spektrum-Analysatoren das Grundrauschen und somit die Empfindlichkeit, je nach Frequenz, durchaus hohen Schwankungen unterworfen sein können. Diese können auch bei relativ kleinen Frequenzsprüngen von wenigen MHz, hohe Unterschiede aufweisen.

Allgemein kann man aber beim Spectran sagen: Je niedriger die Frequenz, desto höher ist der Grundrauschpegel und desto schlechter wird die Empfindlichkeit.

In der Praxis bedeutet dies: Sie können mit gleichen Filtereinstellungen bei 5 GHz, erheblich schwächere Signale messen, als z. B. bei 100 MHz.

7.6. Messunsicherheit

Aaronia gibt eine typische Genauigkeit für jedes Spectran Messgerät vor. Dies bedeutet jedoch, dass durchaus höhere Abweichungen auftreten können. Insbesondere wenn Sie sich dem Grundrauschen bzw. der maximalen Empfindlichkeit des Gerätes nähern.

Die Messgenauigkeit wird durch weitere Faktoren beeinflusst, z. B. Temperaturabhängigkeit, Reproduzierbarkeit, Antennen-fehler, Modulationsabhängigkeit usw.

Laut BUWAL (www.BUWAL.ch) sollte bei HF-Messungen grundsätzlich mit einer erweiterten Messunsicherheit von mindestens 35 % gerechnet werden. In dB ausgedrückt sollten Sie somit aufgerundet stets mit +/-3dB rechnen und dieses bei jeder Messung berücksichtigen

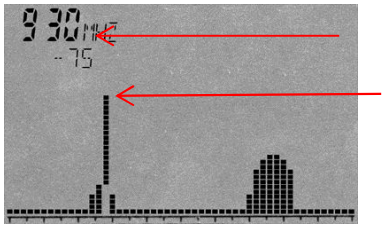
Beispiel: Sie messen einen Wert von -45dBm. Der Wert könnte nun laut der erwähnten Messunsicherheit zwischen -42dBm (-45dBm + 3 dB) und -48dBm (-45dBm – 3dB) liegen.

Da der maximale Wert ermittelt werden soll, nehmen Sie immer den höchsten Wert, hier im Beispiel -42dBm.

7.7. Cursor- und Zoom-Funktion

Mit Hilfe des Jog-Dial können Sie im Betriebsmodus Spektrum-Analyse einen Cursor aktivieren. Dieser ermöglicht Ihnen, die genaue Frequenz und Signalstärke eines bestimmten Punktes auf dem Display anzuzeigen.

Um den Cursor zu aktivieren müssen Sie einfach nur am Jog- Dial drehen und im Spektrum wird der Cursor als Strich dargestellt. Die Deaktivierung erfolgt durch zweimaliges Drücken der Menü-Taste. Die unter dem Cursor liegende Grafik der Spektrum-Anzeige wird invertiert dargestellt. Dadurch bleibt ihre Information erhalten.



Frequenz und **Pegel** an der aktuellen Cursorposition

Cursor (Die darunter liegende Spektrum-Grafik wird invertiert dargestellt.)

Durch Drehen des Jog Dial kann der Cursur beliebig auf dem Display positioniert werden. Die Anzeige auf dem großen Hauptdisplay sowie die Grenzwertanzeige und die Demodulation, beziehen sich jetzt nur noch auf die aktuelle Cursorposition. Die aktuelle Frequenz und Pegelanzeige des Cursors wird erst nach einem Sweep-Durchlauf aktualisiert und im ersten (linken) Marker-Feld angezeigt. Die Auto-Marker-Funktion ist daher deaktiviert.

Haben Sie den Cursor positioniert und drücken Sie auf den Jog Dial, so können Sie in ein Signal hineinzoomen. Hierbei wird die Center-Frequenz auf die angezeigte Cursor-Position bzw. Cursor-Frequenz eingestellt, der Span halbiert und ein neuer Sweep durchgeführt. Somit zoomen Sie um 50 % in das Signal hinein. Diese Funktion kann beliebig wiederholt werden, bis die gewünschte Auflösung erreicht ist.

Den Cursor können Sie durch zweimaliges Drücken der Menütaste wieder deaktivieren.

Achtung: Der Cursor wird im HOLD-Modus nicht gelöscht.

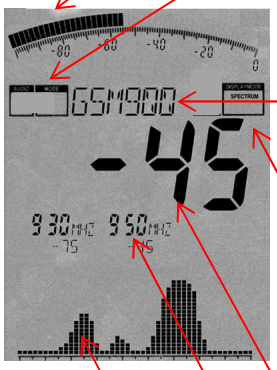
8. Erste Messung

Beispiel: Sendeleistung eines Mobilfunk-Sendeturms

8.1. Gerät zur Messung vorbereiten

-Entfernung der Schutzfolie der LCD-Anzeige
-Montage der HyperLOG-Antenne (s. Kap. 6)
-Netzteil anschließen
-Akku lt. Bedienungsanleitung laden (s. Kap. 3)
-Gerät einschalten (ON/OFF-Taste)
-Gerät führt selbständig kurze Kalibrierung durch
-Gerät betriebsbereit

8.2. Was zeigt das Display?



Bargraph (Trend-Anzeige)	Je nach Signalstärke nimmt der halbrunde Kreis zu oder ab. Hilfreich bei schnellen Signal-Stärkenwechseln . Bei optional eingebautem Breitbanddetektor wird, je nach Einstellung des BackBB (Kap. 5.3.19), die gemessene Leistung des Breitbanddetektors oder des Spektrum Modus angezeigt.
Mode-Statusfeld (Peak & Hold)	Zeigt welcher Detektor aktiviert ist: Keine Anzeige = RMS aktiviert PEAK = Min/Max-Detektor aktiviert HOLD = Hold-Modus aktiviert
Info-Anzeige	Zeigt gewählte Voreinstellung (Frequenz-Bereich). Über Tasten 0 – 9 sind vorinstallierte Einstellungen (GSM, LTE, UMTS etc.) abrufbar. (s. Kap. 4.2.)
Display-Mode Statusfeld	Zeigt den Betriebs-Modus an. SPECTRUM (Spektrum-Analyse) EXPOSURE-LIMITS (Grenzwertberechnung) AM/FM (Audio-Wiedergabe)
Haupt-Anzeige	Zeigt Signalstärke (Pegel) des stärksten Signales (hier in dBm) an.
Marker-Block (1 – 3)	Zeigen Frequenz und Signalstärke der stärksten Signale an. Max. 3 Marker können gleichzeitig angezeigt werden.
Grafik-Display (hier Spektrum-Anzeige)	Zeigt eine Vielzahl von Text- und Grafik-Anzeigen (Spektrum-/Grenzwertanzeige oder Menütexte)

8.3. Basiswissen

Es gibt verschiedene Typen von Mobilfunksendern in Deutschland.
GSM900, GSM1800, LTE und UMTS. Messparameter sind als „Hotkeys“ hinterlegt. (Taste 5 z. B. für GSM900)

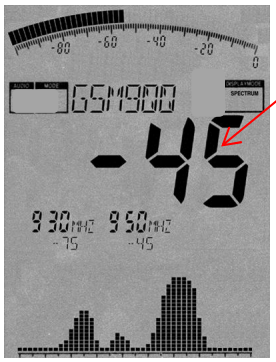
8.4. Messung

Da GSM900 die höchste Netzabdeckung liefert und daher nahezu überall messbar ist, führen wir die Messung eines GSM900 Mobilfunkmastes durch.

In der Status-Anzeige sollte nun „GSM900“ erscheinen.
Wählen Sie den Betriebsmodus mit Hilfe der Enter-Taste.

8.5. Betriebsmodus Spektrum-Analyse

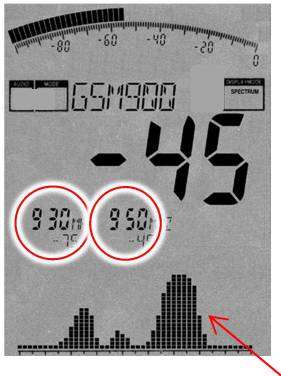
Drücken Sie die Enter-Taste, bis im Display-Mode Statusfeld „Spectrum“ erscheint. Bei vorhandenem Signal und korrekt ausgerichteter Antenne erhalten Sie ein Messergebnis, ähnlich dem im Bild



Wird auf der Hauptanzeige hingegen „---„ bzw. „150“ angezeigt, so wird kein Signal empfangen. In diesem Fall sollten Sie den Standort wechseln oder die Antenne neu ausrichten.

Während jeder Messung läuft ein kleiner Punkt im oberen Teil des Grafik-Displays von links nach rechts. Erst wenn der Punkt den rechten Rand erreicht hat, ist die jeweilige Messung abgeschlossen und alle Anzeigen werden aktualisiert. (Je nach Einstellung kann die Messung jedoch so schnell sein, dass der Punkt für das Auge nicht mehr wahrnehmbar ist.)

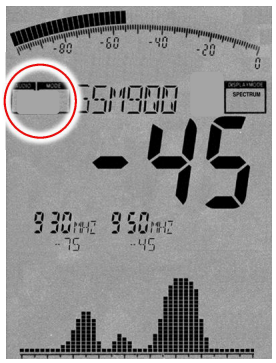
Auf der Haupt-Anzeige wird immer der Wert des höchsten Signales in dBm angezeigt, in unserem Beispiel „-45“. Je größer dieser Wert wird (z. B. -35, -25 oder einem positiven Wert nähern), desto stärker ist das empfangene Signal.



Direkt darunter werden bis zu 3 sog. „Marker“ angezeigt, Sie zeigen die Frequenz und den jeweils dazugehörigen Pegel der höchsten Signalquellen an. In unserem Beispiel haben wir zwei Marker: Marker 1 bei 930MHz mit -75dBm und Marker 2 bei 950 MHz mit -45dBm (-45dBm ist hierbei das stärkste Signal, deshalb wird es nochmals auf der Haupt-Anzeige angezeigt).

Im Grafik-Display wird der Pegelverlauf über den eingestellten Frequenzbereich gezeigt. Dies ist die „Spektrum-Anzeige“. Je höher die „Hügel“ sind, je stärker ist das Signal an dieser Stelle. Die zuvor erwähnten Marker zeigen die Frequenz und den Pegel an den Spitzen der „Hügel“ an.

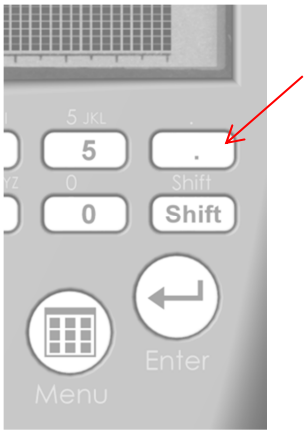
8.6. Hold-Funktion



Im MODE-Statusfeld erscheint „Hold“

Wie Sie sicherlich schon bemerkt haben, ändert sich die Anzeige ständig. Dies ist normal, denn auch die Stärke des Signals ändert sich in der Praxis häufig. Dies hängt auch mit der Ausrichtung der Antenne zusammen. Bereits wenige cm Positionsänderung oder eine andere Ausrichtung der Antenne können erhebliche Änderungen der Messwerte bewirken.

Zur Ermittlung des höchsten Messwertes ist diese sich schnell ändernde Anzeige kaum geeignet.



Daher drücken Sie hierzu die Punkt-Taste. Im Mode Statusfeld erscheint „HOLD“. Ab jetzt wird nur noch der höchste Wert angezeigt. Auch die Spektrum-Anzeige wird nicht mehr gelöscht. Die gesamte Anzeige scheint regelrecht „einzufrieren“.

Wenn Sie die Punkt-Taste nochmals betätigen, verschwindet das HOLD im Mode Statusfeld und der Hold-Modus wird abgeschaltet. Um jetzt das absolute Maximum zu ermitteln, bedient man sich der sog. Schwenkmethode.

8.7. Schwenk-Methode

Bei einer Grenzwertbetrachtung ist in der Regel nur das Signal-Maximum von Bedeutung. Dies kann mit dem Spectran und der beiliegenden HyperLOG-Antenne durch die sog. „Schwenk-Methode“ ermittelt werden. Die Schwenk-Methode ist auch in vielen Ländern bereits als gesetzlich anerkannte Messmethode etabliert. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

Wählen Sie den gewünschten Frequenzbereich. In unserem Fall haben wir dies bereits getan (GSM900 mit Taste 5) und aktivieren Sie den Hold-Modus (Punkt-Taste) wie zuvor beschrieben. Drehen und kippen Sie jetzt die Antenne in alle Richtungen bis sich der Wert nicht mehr ändert. Sie haben jetzt das Signal-Maximum ermittelt.

Wollen Sie dagegen das Signal-Maximum in einem Raum messen, so müssen Sie zusätzlich noch alle Positionen abgehen. Gehen Sie den gesamten Raum ab. Messen Sie dabei besonders an Ecken und im Fensterbereich, da hier meist die höchsten Werte zu ermitteln sind. Im Verlauf der Messung steigt auch hier der Messwert schnell an, bis er sich nicht mehr verändert und auf dem höchsten Wert „einfriert“. Bei einer Raumvermessung kann dies durchaus einige Minuten dauern. Der jetzt angezeigte Wert ist der höchste Wert, der im Raum ermittelt werden konnte.

Meist erhalten Sie den höchsten Messwert, indem Sie die Antenne um 90 Grad nach rechts oder links kippen, da dies meist der Ausrichtung der Sendeantennen entspricht.

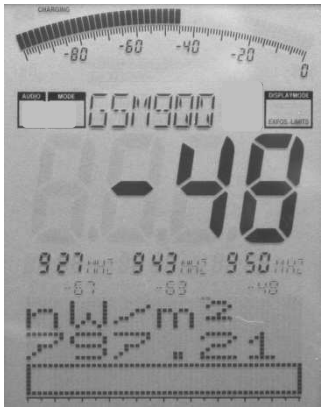
Da die Antenne richtungsempfindlich ist, lassen sich so auch die Richtung des Senders bestimmen (Peilfunktion). Dies ist u. U. jedoch nur im Freien möglich, da in Räumen häufig zu viele Reflektionen vorherrschen und somit eine genaue Lokalisierung nicht ermöglichen.

8.8. Betriebsmodus Grenzwert-Berechnung

Im Display-Mode Statusfeld erscheint „Expos.-Limits“

Drücken Sie jetzt die Enter-Taste bis im Display-Mode Statusfeld „Expos.-Limits“ erscheint.

Zunächst werden, genau wie im Betriebsmodus Spektrum-Analyse, die stärksten Signalquellen mit Frequenz und Signalstärke als Marker angezeigt. Auf der großen Hauptanzeige erscheint, wie gewohnt, die Signalstärke der stärksten Signalquelle.



Im darunterliegenden Grafik-Display wird das stärkste Signal in die sog. Leistungsdichte (W/m²) umgerechnet und angezeigt. Hierbei werden auch die Antennen- und Kabeldaten mit eingerechnet. Besonders praktisch ist hier die sog. „Autorange“-Funktion: Vor die W/m²-Anzeige wird die international genormte Buchstabenkennung gesetzt, die die Einheit anzeigt:

m = 1/1 000 (Tausendstel)
µ = 1/1 000 000 (Millionstel)
n = 1/1 000 000 000 (Milliardstel)
p = 1/1 000 000 000 000 (Billionstel)
f = 1/1 000 000 000 000 000 (Billiardstel)

In unserem Beispiel haben wir 797,21 nW/m² also 797milliardstel W/m² oder anders ausgedrückt:
0,000 000 797 21 W/m².

Wie unschwer erkennbar, würde ohne die Autorange-Funktion die Anzeige aufgrund der vielen Nullen unübersichtlich.

Die Hold-Funktion ist in diesem Modus ebenfalls nutzbar.

Eine Prozentanzeige in Bezug auf einen Grenzwert ist ebenfalls möglich.

Da unterschiedliche Grenzwerte und Empfehlungen existieren, bietet das Gerät mehrere Grenzwerte zur Auswahl an.

Mit Hilfe der Rechts/Links Pfeil-Tasten können Sie zwischen den Grenzwerten wechseln.

Eine eingehendere Beschreibung zu den Grenzwerten erhalten Sie im Kapitel Grenzwerte (s. Kap. 12.3.)

In der aktuellen Firmware sind folgende Grenzwert-Modelle nutzbar:

ICNIRP = Deutscher (Internationaler) Grenzwert (komplexe Formel)

Salz 1 = Alter Salzburger Vorsorgewert (1mW/m²

Salz 2 = Salzburger Vorsorgewert Außenbereich von 2002 (10 µW/m²)

Salz 3 = Salzburger Vorsorgewert Innenbereich von 2002 (1µW/m²)

In unserem Beispiel zeigt die Grenzwert-Balkenanzeige, dass man sich dem internationalen ICNIRP-Grenzwert zu 0,06 % angenähert hat. Wie erkennbar, kann somit ein relativ starkes Signal von -45dBm nur wenige Hundertstel Prozent (0,06 % „Ausschlag“ erzeugen.

Wechseln Sie dagegen zu einem der Salzburger Vorsorgewerte, so erhalten Sie schnell sogar eine Überschreitung angezeigt.

Bei einer Überschreitung des Grenzwertes zeigt die Anzeige dann Prozentangaben über 100% an (z. B. 128.00 = Überschreitung des Grenzwertes um 28 %)

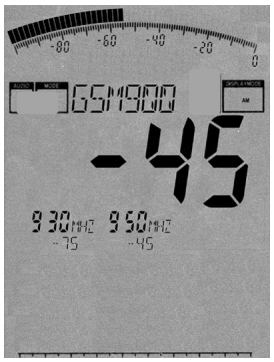
Bei einer Überschreitung um mehr als 999,99 % erscheint die Anzeige „***.**“. Dies ist die Überlauf-Anzeige.

Die Messwerte im Grenzwert-Modus können etwas schwanken, obwohl der dBm-Wert auf der Hauptanzeige sich nicht verändert. Dies geschieht, da intern auch die nicht sichtbaren dBm-Nachkomma-Stellen zur Berechnung der Grenzwert-Anzeige berücksichtigt werden.

Tipp: Nutzen Sie auch unsere MCS-Software. Hier finden Sie weitere Features und Grenzwerte.

8.9. Betriebsmodus Audio-Wiedergabe (Demodulator)

Betriebsmodus **Audio-Wiedergabe (Demodulator)**



Im Display-Mode Statusfeld erscheint „AM“ oder „FM“

Eine weitere Möglichkeit der Signal-Ortung bzw. Signal-Identifikation und –Verarbeitung ist die Demodulation.

Hier können Modulationen und Pulsungen der Signalquelle, sofern vorhanden, hörbar gemacht werden. Die frequenzgenaue, gezielte akustische Wiedergabe eines Signals kann bei der Identifikation und Ortung sehr hilfreich sein. Da die Demodulation in Echtzeit erfolgt, eignet sie sich auch hervorragend, um eine Signalquelle schnell zu orten.

Der Spectran unterscheidet zwischen folgenden Demodulationsarten:

AM = Amplitudenmoduliert
FM = Frequenzmoduliert
PM = Phasenmoduliert

Zwischen den beiden Demodulationsarten können Sie mit der Punkt-Taste wechseln (im Display-Mode Statusfeld erscheint „AM“ bzw „FM“. „PM“ lässt sich nicht über die Punkt-Taste aktivieren, hierzu müssen Sie „PM“ im Menü-Punkt „Demod“ aktivieren.

Die Lautstärke können Sie mit dem links befindlichen Lautstärkeregler ändern.

Im Gegensatz zu einfachen Breitband-Detektoren erfolgt die Demodulation bei dem Spectran nur bei einer bestimmten Frequenz (Center-Frequenz). Sie können daher sehr selektiv einzelne schmale Frequenzbereiche „abhören“. Die Filtermöglichkeit ist in diesem Modus etwas schwächer ausgeprägt. Sehr starke Signale von Nachbar-Frequenzen können auf die gerade eingestellte Frequenz „durchschlagen“ und auch hier hörbar sein.

Achtung: Bei der Audio-Wiedergabe wird die gesamte Anzeige „eingefroren“ und das Pixelfeld komplett abgeschaltet, Es erfolgt also nur noch eine akustische Wiedergabe des Signals.

Für die optimale akustische Wiedergabe des Signals können Sie mit Hilfe der Oben-/Unten-Pfeiltasten verschiedene Filterbandbreiten auswählen.

Der gewählte Filter wird in der großen Info-Anzeige angezeigt. Möglich sind alle verfügbaren RBW-Filter (z. B. 3kHz, 1MHz etc.)

Oft kommt es vor, dass die richtige Center-Frequenz des Signals noch nicht ganz „getroffen“ ist und eine Demodulation schlecht bis gar nicht erfolgt. Mit den Rechts-/Links-Pfeiltasten können Sie daher die Center-Frequenz feinjustieren. Die dabei mögliche Schrittweite resultiert aus dem zuvor gewählten Filter. Haben Sie z. B. einen 1MHz-Filter gewählt, so erfolgen die Sprünge in Schritten zu 1MHz usw. Bei einer Veränderung der Center-Frequenz wird diese auf der großen Info-Anzeige eingeblendet (volle MHz).

Beispiele:
-Mobilfunk/Handys:
Ein GSM900 bzw. GSM1800 Mobilfunk-Sendeturm (Taste 5 bzw. 6) gibt ein „pfeifendes“ oder „knatterndes“ Geräusch mit vielen Unterbrechungen und Pulsungen von sich. Es handelt sich hierbei um den stets aktiven Organisationskanal, der bei genau 1733,33Hz „pfeift“. Wenn Handys aktiv sind, können Sie dies zusätzlich an sich ständig ändernden 217Hz „Pulsungen/Knattergeräuschen“ (ähnlich einem Morse-Code) hören.

Eine gute Wiedergabe erhalten Sie bei einem Filter von 1MHz oder 3 MHz.

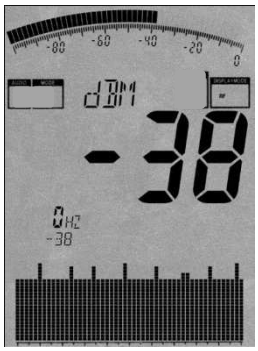
-DECT Telefone:
Eine einfache Signalquelle ist die Basisstation eines DECT-Telefons (Taste 0). Sie ist an einem 100Hz Brummton zu erkennen. Dieser Brummton verschwindet, wenn Sie den Netzstecker der Basisstation ziehen. Schalten Sie den Strom wieder ein, ist der Ton nach wenigen Sekunden wieder da.

Eine gute Wiedergabe erhalten Sie bei einem Filter von 1MHz.

Achtung: Um Signale optimal wiedergeben zu können, sollte der Signal-Pegel mindestens bei -70dBm besser über-60dBm liegen.

Tipp: Optional können Sie mit Hilfe eines NF-Spektrum-Analysators die Demodulation auch optisch sichtbar machen. Hierzu bietet sich der Spectran aus der NF-Serie an, welcher ab der Version Spectran NF-3020 den entsprechenden Eingang bietet.

8.10. Betriebsmodus Breitband-Detektor (Peak-Power-Meter)



Im Display-Mode Statusfeld erscheint „RF“ oder „Power“

Alle Spectran Messgeräte mit Option 20x haben einen HF-Detektor (Powermeter) integriert. Mit ihm können Sie breitbandig hochfrequente Leistungen in dBm bzw. dBµV bis zu 10GHz (12GHz) detektieren. Die Empfindlichkeit für eine Detektion liegt, je nach Frequenz, bei ca. -50dBm (preamp-ON). Der maximale Signalpegel liegt bei ca. +10dBm.

Eine Frequenzanzeige ist hier nicht möglich, daher wird nur ein „0Hz“-Marker angezeigt. Das Grafik-Display ist jetzt eine Time Domain Anzeige, d. h. es wird der zeitliche Verlauf des Pegels angezeigt. Die Geschwindigkeit der Anzeige können Sie über die Sampletime (Menü „SwTime“ ändern. Der Bargraph und die Haupt-Anzeige zeigen die Peak-Werte des Power-Detektors in dBm bzw. dBµV an. Der Rauschpegel liegt bei ca. -50dBm (Preamp-On).

Der breitbandige Detektor des Spectran ermöglicht, im Gegensatz zum Modus „Spektrum-Analyse“, eine einfache und schnelle Echtzeit-Anzeige der „Peak“-Stärke von Signalquellen im nutzbaren Frequenzbereich des Detektors. Stellen Sie dazu die SwTime im Menü auf 1mS.

Durch die Verwendung eines Detektor-Bausteins in Silizium-Germanium Technik wird die Detektion kurzer Pulsungen ermöglicht. Somit ergibt sich die Messmöglichkeit z. B. ultrakurzer RADAR-Bursts.

Der optional bis zu 10GHz (12GHz) erweiterte Frequenzbereich ermöglicht u. a. die Detektion des „PAR Flughafenradar im 9GHz Band.

Die Aussagekraft der Detektor-Messung ist jedoch begrenzt, da sie keine Frequenzanzeige und keine Frequenzfilterung (externe Filter sind einsetzbar) ermöglicht. Somit ist keine Anzeige der Leistungsdichte bzw. der Feldstärke sowie keine Antennenkorrektur und somit keine Grenzwertberechnung möglich.

Ist jedoch die Frequenz eines dominierenden Senders bekannt, so kann aus der dBm-Anzeige die Leistungsdichte in W/m² oder die Feldstärke in V/m bzw. A/m dieses Senders errechnet werden und somit sogar eine Grenzwertberechnung durchgeführt werden. Eine Formel hierzu finden Sie in Kap. 11. in einer Beispielrechnung.

Hier wird auch anhand einer Tabelle gezeigt, wie selbst bei einer unbekannten Frequenz dennoch eine recht genaue Messung möglich ist.

Die Breitbandmessung stößt jedoch, insbesondere bei digitalen Signalen, an ihre Grenzen, wenn es um die Messung der tatsächlichen Leistung geht.

Um sich jedoch einen groben Überblick zu verschaffen, ist dieser Breitband-Detektor durchaus nützlich.

Um ein Signalmaximum festzustellen ist es empfehlenswert, aufgrund der hohen Anzeigegeschwindigkeit, mit der Hold-Funktion (s. Kap. 8.6.) und der Schwenkmethode (s. Kap. 8.7.) zu arbeiten.

Die eigentliche Anwendung der Breitband-Option ist jedoch als Powermeter. Die hohe Temperaturstabilität garantiert dabei eine hohe Reproduzierbarkeit. Die Impedanz des Eingangs beträgt „genormte“ 50 Ohm, somit ist der Anschluss an diverse Sendequellen und Antennen problemlos möglich. Die höchste Genauigkeit erhalten Sie dabei mit Attenuator = 10dB und Preamp = Off. Beachten Sie dabei aber die maximal zulässigen Pegel.

Achtung: Achten Sie auf den maximal zulässigen Pegel.

Tipp: Die Breitbandoption können Sie nachrüsten lassen. Je nach Gerät sind Detektoren bis zu 10 GHz (12GHz) verfügbar.

Tipp: Bei bestücktem Breitband-Detektor kann der Bargraph über den Menüpunkt „BackBB“ optional auch die gemessene „PEAK-Leistung am Breitband-Detektor anzeigen. D. h. auch im Modus Spektrum-Analyse wird der Bargraph nicht den frequenzselektiv ermittelten Messwert, sondern immer die breitbandige „Peak“-Leistung am HF-Detektor anzeigen. Sie erhalten so zwei Messwerte zeitgleich angezeigt: Die breitbandig ermittelte „Peak“-Leistung am Bargraph und den frequenzselektiv ermittelten Messwert auf der Haupt-Anzeige.

8.11. Manuelle Einstellung des Frequenz-Bereiches

Eine manuelle Einstellung des Frequenzbereiches (Sweep-Bereiches) ist ebenso möglich. Eine exakte Einstellung des Frequenz-Bereiches auf eine spezielle Funkanwendung verringert die Sweep-Zeit enorm und erhöht die Messgenauigkeit.

Für den Frequenz-Bereich muss lediglich die Start- und Stop-Frequenz der Funkanwendung eingegeben werden.

Einen Auszug diverser Funkanwendungen mit Ihren typischen Start- und Stopp-Frequenzen erhalten Sie z. B. in den Frequenz-Tabellen auf den Seiten 63 – 65. Des Weiteren beinhaltet die MCS Software diverse Profile für viele gängige Funkanwendungen. Nachfolgend ist, anhand des Mobilfunk-standards UMTS, eine beispielhafte Vorgehensweise zur Messung der Sendeleistung der UMTS-Sendetürme des Betreibers „Vodafone“ dargestellt.

Hierzu gehen Sie wie folgt vor:
Sehen Sie sich zuerst die Liste der UMTS-Frequenzen in Tabelle 10 (Kap. 12) an. UMTS liegt im Frequenzbereich von 1.900,1 bis 2.200,0MHz. Da lediglich der Sendeturm und nicht das Handy gemessen werden soll, benötigen Sie nur die Downlink-Frequenz. Laut Frequenz-Liste liegt diese im Bereich von 2.019,7 bis 2.200,0 MHz. Die Vodafone-Sendetürme arbeiten, laut Frequenz-Liste, lediglich zwischen 2.110,3 und 2.120,2MHz. Dies sind die gesuchten Start- und Stop-Frequenzen, die Sie wie folgt eingeben müssen:

Start-Frequenz

Drücken Sie die Menü-Taste

Gehen sie mit den Pfeil-Tasten zu Menüpunkt fLow.

Drücken Sie die Enter-Taste

Wählen Sie nun mit der Pfeiltaste, ob Sie die Eingabe in Hz, kHz, MHz oder GHz vornehmen wollen. Wir wählen MHz

Drücken Sie erneut die Enter-Taste

Zahlen 2 1 1 0

Es erscheint eine Null auf dem großen Haupt-Display. Zusätzlich erscheint im großen Status-Feld „START“. Geben Sie jetzt mit Hilfe der Zahlen-Tasten die Start-Frequenz in vollen MHz ein. In unserem Fall wollen wir bei 2.110,3MHz beginnen. Geben Sie daher 2110 (abgerundet) ein. (Bei Tippfehlern einfach die CLR-Taste drücken und die Zahl erneut eingeben) und drücken Sie zur Bestätigung der Eingabe erneut die Enter-Taste.

Sie gelangen jetzt wieder in das Hauptmenü. Der nächste Menüpunkt fHigh wurde bereits automatisch angewählt.

Drücken Sie wieder die Enter-Taste

Wählen Sie wieder mit der Pfeiltaste, ob Sie die Eingabe in Hz, kHz, MHz oder GHz vornehmen wollen. Wir wählen wiederum MHz.

Drücken Sie wieder die Enter-Taste.

Es erscheint wieder eine Null auf dem Haupt-Display. Zusätzlich erscheint im großen Status-Feld „STOP“. Geben Sie jetzt mit Hilfe der Zahlen-Tasten, die STOP-Frequenz in ganzen MHz ein. In unserem Fall wollen wir bis 2.120,2 MHz messen.

Zahlen 2 1 2 1

Geben Sie daher 2121 (aufgerundet) ein und drücken Sie zur Bestätigung erneut die Enter-Taste.

Sie gelangen nun wieder ins Hauptmenü. Der nächste Menü-Punkt RBW wurde bereits automatisch angewählt.

Drücken Sie wieder die Enter-Taste.

Es wird nun eine Liste verschiedener Filter-Bandbreiten angezeigt. Wählen Sie mit Hilfe der Oben/Unten Pfeiltaste den 1MHz-Filter aus.

Übernehmen Sie diese Einstellung durch Drücken der Enter-Taste.

Sie gelangen jetzt wieder in das Hauptmenü.

Drücken Sie jetzt zum Abschluss nochmals die Menü-Taste und alle Einstellungen werden übernommen und der Sweep (die Messung) beginnt.

Im großen Status-Feld erscheint kurz CUSTOM (kunden-spezifische Einstellung) und der Sweep wird automatisch gestartet.

Es wird jetzt nur der eigegebene Frequenzbereich von 2.110 bis 2.121 MHz gemessen, d. h. die Spektrum-Anzeige bezieht sich jetzt nur noch auf diesen Frequenz-Bereich. Jetzt können Sie genau feststellen, ob ein Vodafone UMTS-Sendeturm aktiv ist und wie hoch der Messwert ist.

Tipp: Sie können diese Einstellung auch als kundenspezifischen Hotkey abspeichern. Mehr dazu auf den nachfolgenden Seiten.

9. Tipps und Tricks

9.1. **Schneller Zero-Span Sweep** (Time Domain Modus)

Eine schnelle Messung an einer festen Frequenz in quasi Echtzeit ist mit dem Zero-Span möglich. Haben Sie z. B. über Hotkey 5 (GSM900) ein Signal gefunden, so setzen Sie einfach mit Hilfe des Cursors die richtige Center-Frequenz. Stellen Sie dann den Span auf „0“ und SwTime auf 1mS. Der Pegel an der Center-Frequenz wird jetzt, incl. Time Domain, ständig blitzschnell angezeigt. Ideal auch zur Peilung/Maximum-Suche per Schwenk-Methode.

9.2. **„Turbo“Sweep kleiner Frequenz-Bereiche**

Der Spectran wird automatisch in einem „Turbo“-Sweep Modus betrieben, wenn bestimmte Parameter erfüllt werden. Hierbei wird, ab dem zweiten Sweep, der Sweep nochmals um ca. Faktor 3 beschleunigt, da diverse Sweep-Parameter von bis zu 1280 Messpunkten zwischengespeichert werden. Daher ist der Einsatz des Turbo-Sweeps abhängig vom gewählten RBW-Filter und dem Span. Hierbei sind folgende Maximalwerte nutzbar:

3MHz RBW = Maximal nutzbarer Span 96 MHz
1MHz RBW = Maximal nutzbarer Span 32 MHz
300kHz RBW = Maximal nutzbarer Span 9,6MHz
100 kHz RBW = Maximal nutzbarer Span 3,2 MHz
usw.

Dadurch kann z. B. der gesamte Wlan-Bereich (90MHz Span) mit einer 3MHz RBW im Turbo-Sweep Modus überwacht werden.

9.3. „Turbo“Sweep großer Frequenzbereiche

Eine schnelle Messung großer Frequenzbereiche ist mit „Full“-Filter möglich. Stellen Sie dazu den RBW auf „Full“ und die SwTime auf 1mS. Der Sweep großer Frequenzbereiche ist jetzt extrem schnell.

Bedingt durch die hohe Filterbandbreite ist die Frequenz- und Pegelanzeige jedoch u. U. eingeschränkt verwertbar. Auch müssen die Pegel jetzt, je nach Frequenz bei min. -65dBm (z. B. bei 5GHz) liegen, um erfasst zu werden.

In diesem Modus werden weniger Störsignale unterdrückt. Daher empfehlen wir diesen Modus nur erfahrenen Anwendern.

9.4. Tasten mit eigenen Parametern belegen

Die Tasten 0 – 9 können Sie mit eigenen Konfigurationen (inkl. Start/Stop-Frequenz, RBW etc.) belegen. Hierzu stehen die Programm-Nr. 100 – 109, welche für die Tasten 0 – 9 stehen, zur Verfügung. Speichern Sie einfach über den Menüpunkt Setup & Store die aktuellen Einstellungen unter einer dieser Programm-Nr. ab und Sie können sie über die entsprechende Taste jederzeit wieder aufrufen. Noch einfacher ist dies mit der MCS Software. Hier können Sie noch Info-Texte eintragen.

Den Werkszustand können Sie im Menüpunkt „Setup“ mit „Factor“ jederzeit wieder herstellen.

9.5. Dect Analyse

Über die Taste „0“ können Sie zur Messung von aktiven Dect-Telefonen den Dect-Analyser aufrufen. Durch mehrfaches Drücken der Dect-Taste (Taste 0) können Sie laut Dect-Norm alle 10 Kanäle (Anzeige: „Dect 0 – 9“) einzeln analysieren. Sie erkennen, auf welchem Kanal gerade gesendet wird und wann ein Kanalwechsel erfolgt. Sehr funktionell ist diese Kanaltrennung im Audio-Modus.

Der automatische-Dect-Kanal-Wechsel-Modus (Dect Auto-Rotate) wird automatisch nach der ersten Aktivierung der Dect-Taste aktiviert. Hierbei werden alle 10 Kanäle permanent gemessen und angezeigt. So wird kein Kanal übersehen und z. B. mit der Hold-Funktion schnell auch den höchsten Messwert aller Kanäle ermittelt (s. Kap. 8.6.)

9.6. **Grenzwertberechnungen** (Anzeige in W/m² bei „schwachen Signalen“)

Verringern Sie den MrkLvl auf -90dB oder -110dB.

9.7. **Umrechnung der Messergebnisse** (in andere Maßeinheiten)

Per Hold-Funktion können Sie einen Messwert „einfrieren“. Wechseln Sie im Unit-Menü die Maßeinheit (V/m, mA/m, dBm, dBµV). Der ursprüngliche Messwert wird unmittelbar umgerechnet.

9.8. **Richtige Einstellungen für Manuelle Eingaben/Messungen**

Bequem mit Hilfe der MCS Software. Hier sind viele Profile von Modellbau bis zu 5 GHz WLan per Mausklick abrufbar. Informationen wie Kanalnummer, Betreiber etc. werden zusätzlich eingeblendet. Diese Parameter können Sie im Filemanager der MCS Software z. B. auf einen Hotkey „kopieren“ und auf den Spectran übertragen.

Grundsätzlich gilt aber bei den meisten Signalarten:

1. Nutzen sie nach Möglichkeit nur kleine Frequenzbereiche (Span) unter 100MHz, um Störsignale bzw. Harmonische auszublenden und schnelle Sweep-Zeiten zu erhalten.
2. Ein RBW von 3MHz und eine SwTime von 1mS sind meist optimal
3. Schalten Sie nur bei gepulsten bzw. modulierten Signalen den MinMax-Modus ein.

Tipp: Auf unserer Homepage bieten wir die kostenlose PC-Analyse-Software MCS für den Spectran an. Diese Software ergänzt die Handhabung des Spectran optimal.

9.9. Messungen an Sat-Anlagen

Sie können mit dem Spectran direkt am LNB-Ausgang (bzw. am SAT-Receiver oder SAT-Kabel) Messungen vornehmen.

DC-Blocker schütz den HF-Eingang gegen schädliche Gleichspannungen

Beachten Sie aber, dass der LNB mit einer 13/18V Gleichspannung versorgt wird, die daher ebenfalls am Eingang des Spectran anliegen wird. Zwar kann der Spectran Gleichspannungen bis zu 50 V verkraften, es können aber durchaus Spannungsschwankungen an SAT-Anlagen aufftreten oder zu hohe Pegel anliegen. Diese können so den maximal zulässigen Wert für den Spectran überschreiten und dessen Eingang zerstören.

Wir empfehlen daher dringend den Einsatz des optional erhältlichen DC-Blockers, der einfach vor den Spectran geschaltet wird und die Gleichspannung komplett unterdrückt. Die Messungen werden hierdurch nicht beeinflusst.

9.10. Kabelgebundene Messungen

20db Attenuator

Bitte beachten Sie bei allen kabelgebundenen Messungen (besonders an Generatoren und HF-Sendern, dass Sie den Eingang des Spectran nicht durch zu hohe Pegel oder Spannungen zerstören. Selbst eine sehr kurzzeitige Überlastung kann am hochempfindlichen Eingang des Spectran unwiderrufliche Schäden verursachen.

Um Schäden vor zu hohen Eingangspegeln (insbesondere bei leistungsfähigen SAT-Schüsseln) zu vermeiden, sollten Sie zusätzlich unseren optionalen 20dB Attenuator einsetzen, der einfach zusätzlich auf den DC-Blocker aufgeschraubt wird.

Hierbei muss zur korrekten Pegeldarstellung der 20dB Attenuator im Menüpunkt CABLE angewählt werden („-20dB“, s. Kap. 5.3.21)

10. Grundlagen der Spektrum-Analyse

10.1. Was ist ein Frequenzbereich?

Stellen Sie sich eine gigantische, kilometerbreite Autobahn mit Tausenden von Fahrspuren vor. Auf Ihr dürfen alle nur erdenklichen Verkehrsteilnehmer unterwegs sein, also Fußgänger, Motorräder, Autos, Lastwagen etc. Damit sie sich nicht ins Gehege kommen, wird für jede Spur nur eine Gruppe von Verkehrsteilnehmern zugelassen, also z. B. Spur 1 ausschließlich für Radfahrer, Spur 3 nur Fußgänger, Spur 40 nur Lkw usw. Je nach benötigtem Verkehrsaufkommen der einzelnen Verkehrsteilnehmer sind die Spuren auch unterschiedlich breit. So ist die Radspur erheblich schmaler als die breite Lkw-Spur usw. Genauso verhält es sich auch bei der Hochfrequenz, nur sind die Spuren hier die sog. Frequenzbereiche und die Verkehrsteilnehmer sind die Funkanwendungen.

Jede Funkanwendung hat also ihren eigenen Frequenzbereich in dem ausschließlich diese arbeiten darf. Durch die Zuteilung eines eigenen Frequenzbereiches für jede Funkanwendung soll, wie bei unserer Autobahn, sichergestellt werden, dass z. B. ein Handy nicht von einer Mikrowelle gestört werden kann.

10.2. Grenzwerte sind sehr unterschiedlich

Zurück zur unserer Autobahn: Natürlich hat auch jedes Verkehrsmittel seinen eigenen Grenzwert für die zulässige Geschwindigkeit. Ein Fußgänger darf in unserem Beispiel nur 5 km/h schnell sein, Autos dagegen 200 km/h. Ähnlich verhält es sich auch mit den Grenzwerten bei den Funkanwendungen. Hier wird nur der Begriff „Geschwindigkeit“ durch die Sendeleistung ersetzt. Ein Rundfunksender darf z. B. eine enorme Sendeleistung von 1.000.000 W oder mehr aussenden, ein Funkschlüssel für das Auto dagegen nur wenige mW (1mW – 0,001W) usw. Drei Grenzwertbeispiele aus der Praxis.

Frequenzbereich (MHz)	Anwendung	Grenzwert (W EIRP)
1.880 – 1.900	DECT Telefon	0,25
2.320 – 2.450	Amateurfunk (11 cm)	750
5.725 – 5.825	WLan 802.11a	0,025

Man erkennt sehr genau, dass sich jede einzelne Funkanwendung nur in einem genau festgelegten Frequenzbereich bewegen darf. Auch erkennt man die hohen Unterschiede in den einzelnen Grenzwerten.

10.3. Einsatz der Spektrum-Analyse

Die Spektrum-Analyse findet aus unterschiedlichen Gründen Verwendung:

a. Sie wollen wissen, welche Funkanwendungen aktiv sind.
b. Sie möchten die Belastung jeder einzelnen Funkanwendung nachmessen, um z. B. Grenzwertüberschreitungen anzuzeigen.

Zu Punkt a:
Kommen wir nochmals auf unser Beispiel mit der gigantischen Autobahn zurück: Jede Spur durfte ja nur von einem bestimmten Verkehrsteilnehmertyp genutzt werden. Stellen Sie sich jetzt vor, über diese Autobahn würde eine riesige Brücke führen und sie schauen von dieser Brücke auf die Autobahn herunter.

Sie möchten z. B. genau wissen, was auf der Autobahn los ist und zwar für jede einzelne Fahrspur. Allerdings ist die Autobahn wahnsinnig breit, Sie brauchen also schon ein ziemlich gutes Fernglas, um überhaupt einige km überblicken zu können. Nehmen wir einfach an, mit Ihrem Fernglas können Sie eine Breite von 6 km (6000m) überblicken. Sie wollen jetzt ermitteln, auf welcher Spur gerade Verkehr herrscht und wie schnell er unterwegs ist. Sie nehmen sich also ein Blatt Papier und schreiben jeweils die Spurnummer und die gemessenen Daten auf. Sie fangen ganz links bei Spur 1 an und schauen nach: Nichts! OK, weiter zu Spur 2: Auch nichts! Jetzt Spur 3: Ja, da ist irgendetwas mit 18km/h unterwegs. Weiter zu Spur 4: Nichts! Usw. bis Sie bei der letzten Spur angekommen sind. Was haben Sie jetzt getan? Sie haben eine **Analyse** des gesamten Spur**bereiches** von 0 – 6 km durchgeführt. Analyse bedeutet ja, etwas in seine kleinsten Teile zu zerlegen und zu untersuchen. In diesem Fall war die 6 km breite Autobahn das große „Etwas“ und die kleinsten Teile waren die einzelnen Spuren der Autobahn. Der Begriff „Bereich“ kann auch durch das Wort „Spektrum“ ersetzt werden und da haben wir es schon: Sie haben eine Spektrum-Analyse durchführt.

Wenn Sie jetzt noch einen Spur-Plan haben, auf dem verzeichnet ist, welche Spur welchem Verkehrsteilnehmer zugewiesen ist, können Sie genau herausfinden, welche Verkehrsteilnehmer gerade unterwegs waren.

Genauso funktioniert es auch bei der Spektrum-Analyse in der Hochfrequenz. Auch hier gibt es Spuren. Nur werden die Spuren als Frequenzbereiche bezeichnet. Die Breite des Frequenzbereiches wird in der Einheit Hz (Hertz) angegeben. Da die Frequenzbereiche aber meist im hohen Hz-Bereich liegen, würde eine Angabe in Hz zu riesigen Zahlen führen. Daher erweitert man die Einheit Hz oft auch in MHz (1.000.000Hz) und GHz (1.000.000.000Hz). So wird es wesentlich übersichtlicher. 1.000.000.000 Hz sind somit auch 1.000 MHz bzw. 1GHz.

Die Verkehrsteilnehmer aus unserem Beispiel werden in der Spektrum-Analyse als Funkanwendungen bezeichnet und haben jeweils eigene Kurznamen: z. B. bewegt sich die Funkanwendung „UMTS“ in seinem eigenen Frequenzbereich, welcher von 1.900 bis 2.200 MHz (1,9 – 2,2 GHz) reicht.

Auch die Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer wird durch einen neuen Begriff ersetzt - die Signalstärke.

Soweit die Klärung der Begriffe und Einheiten. Bei der Hochfrequenz-Spektrum-Analyse wird jetzt genauso vorgegangen wie bei unserer Autobahn:

Unser Messgerät soll z. B. alle Frequenzbereiche von 1 MHz bis 6.000 MHz (bildlich das 6.000m breite Stück Autobahn) untersuchen. Schritt für Schritt wird jeder Frequenzbereich genau vermessen. Erst 0 – 1MHz, dann 1MHz bis 2MHz usw. bis 6.000 MHz. Auch die Signalstärke jedes Frequenzbereiches wird genau gespeichert. So erfahren wir auch, auf welchem Frequenzbereich welche Signalstärke vorhanden war.

Beispiele aus der Praxis:

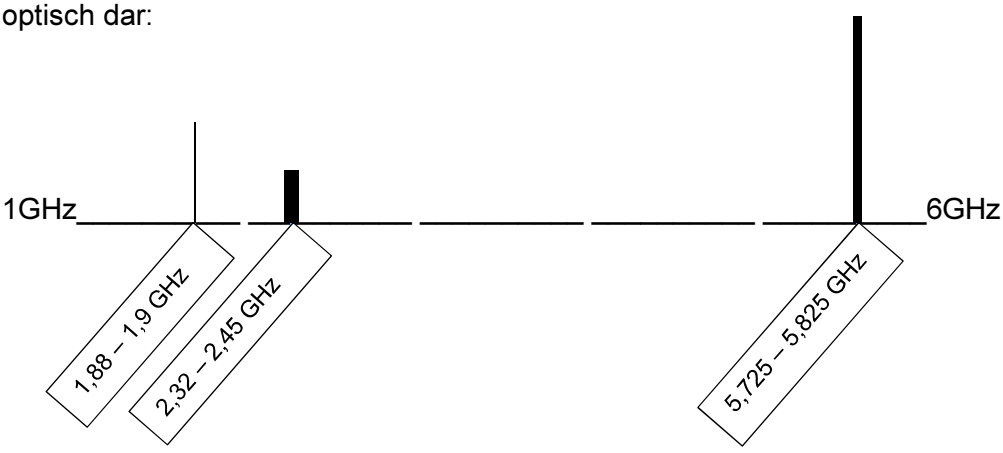
Nehmen wir einmal an, wir wollen den Frequenzbereich von 1GHz bis 6GHz genau untersuchen und folgende 3 Funkanwendungen wären gleichzeitig mit verschiedenen Signalstärken aktiv (In der Praxis sind es meist erheblich mehr Funkanwendungen)

Frequenzbereich (MHz)	**Anwendung**	**Messwert**
1.880 – 1.900	DECT Telefon	40
2.320-2.450	Amateurfunk (11cm)	20
5.725 – 5.825	WLan 802.11a	80

Wie sollte man dies optisch auf einem Messgerät am besten darstellen? Nun, zuerst tragen wir den Frequenzbereich von 1GHz bis 6 GHz auf einer Linie von links nach rechts **(x-Achse)** auf.

Jetzt markieren wir jede der 3 Funkanwendungen nach ihrer Frequenz an der Richtigen Stelle der X-Achse und sehen so, wo sie sich befinden:

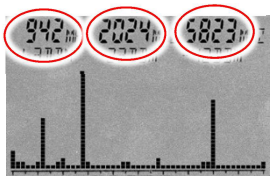
Zuletzt stellen wir die Höhe der 3 Messwerte als Balken in der **Y-Achse** optisch dar:



Zusätzlich haben wir auch gleich noch die Breite der Balken, der Breite des Frequenzbereiches jeder Funkanwendung angepasst (die sog. Bandbreite): DECT hat nur 20MHz (1.880 – 1.900MHz = 20MHz) Bandbreite, also sehr schmal, Amateurfunk wartet da schon mit einer höheren Bandbreite auf (2.320-2.450 = 130MHz) usw.

Wir haben jetzt auf einen Blick sämtliche Informationen zu den Signalquellen dargestellt.

In der Praxis sieht dies auf dem Bildschirm des Spectran ähnlich aus:



Auch in diesem Beispiel haben wir 3 Hauptsignalquellen (von links nach rechts)

Signal 1: 942 MHz mit -63dBm
Signal 2: 2.024 MHz mit -23dBm
Signal 3: 5.823 MHz mit -42dBm

Diese werden auf dem Bildschirm als Balken dargestellt. Auch hier gilt: Je höher die gemessene Signalstärke, desto höher wird der Balken dargestellt. Die genauen Informationen zu den einzelnen Balken werden von links nach rechts als Marker im oberen Bildschirm dargestellt.

Marker 1 (erster Balken von links) angezeigt mit **942MHz** Stärke -63dBm.

Marker 2 (zweiter Balken von links) angezeigt mit **2 024MHz** Stärke -23dBm.

Marker 3 (rechter Balken) angezeigt mit **5.823MHz** Stärke -42dBm.

Der eingestellte Frequenzbereich wird ständig abgetastet. Daher ändert sich die Anzeige auch ständig. Zu erkennen ist dies an einem kleinen Punkt, der oberhalb des Grafikbereiches von links nach rechts wandert. Diesen Vorgang des Abtastens nennt man „sweepen“.

Was haben wir jetzt an Informationen erhalten?

a) Im gesamten Frequenzbereich von – 0 6 GHz gibt es 3 Hauptsignalquellen.
b) Die Frequenz und Signalstärke aller 3 Signalquellen ist genau bekannt.

Wir haben also eine schnelle Übersicht erhalten, was sich in diesem Frequenzbereich so tummelt.

Da die genaue Frequenz der Signalquellen jetzt bekannt ist, kann man schnell und anhand einer sog. Frequenz-Tabelle den bzw. die genauen Verursacher ermitteln (siehe Frequenz-Tabellen Kap. 12.2. bzw. die ausführlichen Frequenz-Tabellen auf der Aaronia-Homepage). Die MCS

Software bietet hier z. B. den Vorteil, dass die komplette deutsche Frequenztabelle vorgespeichert ist und eingeblendet werden kann.

Anhand der Frequenztabellen ergibt sich z. B. für die Signalquelle mit 942MHz:

937,6 bis 944,8 MHz = GSM 900 (DL) T-Mobile

D. h. es handelt sich um einen GSM900 Mobilfunk-Sendeturm (DL = Download) des Betreibers T-Mobile.

11. Maßeinheiten

11.1. Messung der Leistung (dBm; dBµV)

Messungen von Kommunikationssystemen weisen oft extrem hohe Unterschiede der Leistungspegel auf. Darum ist es naheliegend Leistungspegel in logarithmischen Größen anzugeben, um Mess-Skalen nicht in einer unüberschaubaren Anzahl von Nullen erscheinen zu lassen.

So verfügt der HF-2025E bereits über einen Messbereich von -80dBm bis 0dBm. Da sich die Verstärkung alle 10 dB verzehnfacht, müssten „Messwerte“ von 0 bis 100.000.000 angezeigt werden, um alle Werte wiedergeben zu können. Diese Zahlen wären aber kaum darstellbar und würden in sich ständig ändernde Zahlenkolonnen ausufern. Viel einfacher ist es daher die logarithmische Größe „dB“ zu verwenden.

Da Logarithmen dimensionslos sind, beziehen sich logarithmische Leistungsangaben auf eine Referenzleistung, d. h. es wird ein Leistungsverhältnis gebildet. Als Bezugsgröße für Leistungen hat sich in der Nachrichtentechnik 1mW bzw. 1µV durchgesetzt. Logarithmische Leistungspegel werden dem entsprechend in dB **Milliwatt** (dBm) bzw. dB **Mikrovolt** (dBµV) angegeben.

11.2. Feldstärke (V/m; A/m) und Leistungsdichte (W/m²)

Wenn Sie Signale nicht direkt einspeisen, sondern Messungen mit einer Antenne vornehmen, wollen Sie meist statt der Leistung die sog. Feldstärke bzw. Leistungsdichte messen. In der professionellen Messtechnik wird meist nur die „handhabbare“ elektrische Feldstärke in der Einheit V/m gemessen. Wie bei dBm arten bei V/m hohe Messwertänderungen nicht in gigantischen Zahlenkolonnen aus. Hingegen messen z. B. günstige Breitbandgeräte oft nur in der Leistungsdichte (meist µW/m²) Ebenso könnte man auch Entfernungen auf der Autobahn in mm angeben: Frankfurt nach München = 400.000.000 mm. Da die Lesbarkeit solcher Messwerte jedoch ungenügend ist, zeigt der Spectran die Leistungsdichte in µW/m² oder anderen Giga-Einheiten.

In der W/m²-Anzeige bietet der Spectran eine praktische Autorange-Funktion, d. h. es wird statt einer unüberschaubaren Zahlenkolonne einfach das Einheitenkürzel F, p, n, µ oder m gesetzt.

11.3. Kleine Formellehre der Hochfrequenz

In Publikationen wird gerne zwischen den verschiedenen Maßeinheiten hin und her gewechselt. Dies führt zur Verwirrung des Verbrauchers.

Der Spectran bietet die Möglichkeit die angezeigten Werte in die üblichsten Einheiten umzurechnen und direkt anzuzeigen. Des Weiteren finden Sie im Handbuch Kap. 12.1. Tabellen, in denen sie Maßeinheiten einfach vergleichen und Werte umrechnen können.

Die Leistungsdichte hochfrequenter Felder wird u. a. in W/m² (Europa) oder W/cm² (USA) angegeben. Die Umrechnung ist einfach:

1µW/cm² = 0,01 W/m² = 0,001 mW/cm² bzw.
10 µW/cm² = 0,1 W/m² =0,01 mW/cm² usw. (Tabelle 2)

Seltener werden Werte auch in dBm/m² und dBW/m² angegeben.
Auch hier ist die Umrechnung einfach:

1µW/cm² = 10dBm/m² = -20 dBW/m² bzw.
10µW/cm² = 20 dBm/m² = -10 dBW/m² usw.

Die häufigste und praktikabelste Angabe erfolgt aber in V/m (s. Tabelle 3). Hierbei muss man wissen, dass die Leistungsdichte S (gemessen in W/m² eigentlich aus zwei verschiedenen Feldarten zusammengesetzt ist. Dem elektrischen Feld E (gemessen in V/m) und dem magnetischen Feld H (gemessen in A/m). Da diese aber bei hochfrequenten Strahlungen nicht mehr unabhängig voneinander existieren, ist deren Angabe für HF-Belastungen eigentlich uninteressant. Allerdings ist dieses erst außerhalb des sog. Nahbereiches der Fall. Wie Sie den Nahbereich berechnen und wie die verschiedenen Feldarten im Verhältnis stehen, ist nachfolgend beschrieben.

Die Leistungsdichte S (auch elektromagnetisches Feld oder Strahlungsdichte genannt) berechnet sich wie folgt:

$$S\left[\frac{W}{m^2}\right] = E\left[\frac{V}{m}\right] * H\left[\frac{A}{m}\right]$$

Wenn H nicht bekannt ist, ist mit folgender Formel dennoch eine Berechnung von S möglich, wobei 377 Ohm der sog. „Feldwellenwiderstand“ der Luft ist.

$$S\left[\frac{W}{m^2}\right] = \frac{E^2\left[\frac{V}{m}\right]}{377\ \Omega}$$

Wenn dagegen E nicht bekannt ist, ist auch hier eine Berechnung von S wie folgt möglich:

$$S\left[\frac{w}{m^2}\right] = H^2\left[\frac{A}{m}\right] * 377\ \Omega$$

Wollen Sie dagegen das elektrische Feld E errechnen, gilt folgende Formel:

$$E\left[\frac{V}{m}\right] = \sqrt{S\left[\frac{w}{m^2}\right] * 377\ \Omega}$$

Für das magnetische Feld H gilt dagegen:

$$H\left[\frac{A}{m}\right] = \sqrt{\frac{S\left[\frac{W}{m^2}\right]}{377\ \Omega}}$$

11.4. Errechnung der Wellenlänge in [m]

Die Wellenlänge errechnet sich aus der Formel:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Hierbei entspricht c der Lichtgeschwindigkeit in $\left[\frac{m}{s}\right]$ (im Beispiel auf 300.000km/s gerundet), f der Frequenz des Senders in Hz und λ der Wellenlänge in $[m]$.

Beispiele:

$$\lambda = \frac{300\ 000\ 000\ \frac{m}{s}}{900\ 000\ 000\ Hz} = 0{,}33\ \text{m}$$

Für 900 MHz ergibt sich ein Wert von 0,33 m.

$$\lambda = \frac{300\ 000\ 000\ \frac{m}{s}}{1\ 800\ 000\ 000\ Hz} = 0{,}17\ \text{m}$$

Für 1 800 MHz ergibt sich ein Wert von 0,17 m.

$$\lambda = \frac{300\,000\,000\,\frac{m}{s}}{2\,000\,000\,000\,Hz} = 0{,}15\ m$$

Für 2 GHz ergibt sich ein Wert von 0,15 m.

Weitere Informationen zur Wellenlänge erhalten Sie in der Tabelle 5.

11.5. Errechnung des „Nahbereiches“ in [m]

Wenn Sie eine Messung vornehmen wollen, müssen Sie sich außerhalb des sog. Nahbereiches des Senders aufhalten. Der Nahbereich ist abhängig von der Frequenz des Senders. Laut vorheriger Formel kann der Nahbereich schnell ermittelt werden. Hierbei muss die errechnete Wellenlänge lediglich mit Faktor 10 multipliziert werden (manche Quellen rechnen auch nur mit Faktor 3). Dies ist der Nahbereich, also der Mindestabstand, der zum Sender eingehalten werden muss, um eine realistische Messung zu erhalten.

Beispiel: Bei einem „900MHz Handy“ beträgt die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{300\,000\,000\,\frac{m}{s}}{900\,000\,000\,Hz} = 0{,}33\ m$$

Somit errechnet sich der Nahbereich als 0,33 m * 10 = 3,3 m.

Daraus ist schnell ersichtlich, dass eine Messung direkt an einem 900MHz-Handy falsche Messwerte liefern wird.

Innerhalb des Nahbereichs müsste man E- und H-Felder einzeln messen. Außerhalb des Nahbereichs sind beide Feldarten dagegen fest aneinander gekoppelt, und die Kenntnis einer der Größen genügt schon, um die Andere ableiten zu können.

11.6. Errechnung der Leistungsdichte [W/m²] aus der Leistung [dBm]

Nur wenn die Frequenz des Senders bekannt ist, können Sie dBm in W/m² umrechnen. Zusätzlich benötigen Sie noch den Antennengewinn der genutzten Empfangs-Antenne. Die Formel sieht dann wie folgt aus:

$$S = \frac{10^{\left[\frac{-40-4{,}9}{10}\right]}}{1000} * \frac{4*\pi}{0{,}31579^2} = \frac{0{,}00003236}{1000} * \frac{12{,}566}{0{,}0997} = 0{,}00000408\ W/m^2 = 4{,}08\ \mu W/m^2$$

12. Tabellen und Grenzwerte

12.1. Tabellen zur Umrechnung

Tabelle 1: Umrechnung dBm zu W/m² mit HyperLOG-Antenne

Setzt man die Verwendung "idealisierter" Messmittel, wie unsere HyperLOG-Antenne mit 5dBi Gewinn und unseres 1m RG316U Kabels mit 1dB Verlust voraus, so ergibt sich für die nachfolgenden Sendequellen folgende Umrechnungstabelle (Werte in W/m²):

dBm	GSM900	UMTS	Lambda X	WLan	GSM1800
+10	0,45	2,2	1,34	3,3	1,8
+9	0,36	1,8	1,06	2,7	1,4
+8	0,28	1,4	0,84	2,1	1,1
+7	0,23	1,1	0,67	1,7	0,90
+6	0,18	0,89	0,53	1,3	0,72
+5	0,14	0,70	0,42	1,06	0,57
+4	0,11	0,56	0,34	0,84	0,45
+3	0,09	0,44	0,27	0,67	0,36
+2	0,07	0,35	0,21	0,53	0,29
+1	0,06	0,28	0,17	0,42	0,23
0	0,045	0,022	0,13	0,033	0,018
-10	0,004 5	0,002 2	0,013	0,003 3	0,001 8
-20	0,000 45	0,000 22	0,001 3	0,000 33	0,000 18
-30	0,000 045	0,000 022	0,000 13	0,000 033	0,000 018
-40	0,000 004 5	0,000 002 2	0,000 013	0,000 003 3	0,000 001 8
-50	0,000 000 45	0,000 000 22	0,000 001 3	0,000 000 33	0,000 000 18
-60	0,000 000 045	0,000 000 022	0,000 000 13	0,000 000 033	0,000 000 018

Folgende Mittenfrequenzen (f) wurden hierbei verwendet:

GSM900 (f = 900MHz),
GSM1800/DECT (f = 1800MHz),
WLan/Mikrowelle (f = 2450MHz).
Lambda X (f = 1550MHz),
UMTS (f = 2000MHz)

Aus der Umrechnungstabelle ist zu erkennen, dass pro 10dB Schritt die Leistungsdichte um den Faktor 10 abnimmt. Auch die 1dB Zwischenwerte bleiben im Verhältnis konstant. Die Tabelle ermöglicht daher eine sehr einfache und schnelle Umrechnung der dBm-Werte (z.B. des optionalen PEAK-Detektors) in die PEAK Feldstärke bzw. Leistungsdichte W/m².
Auch die Umrechnung mit anderen Antennen, Dämpfungsgliedern oder Kabeln ist mit dieser Tabelle problemlos möglich:
Setzen Sie z.B. das 20dB Dämpfungsglied (Attenuator) ein, so müssen Sie die 20dB höheren Werte aus der Tabelle nutzen. Z.B. -10dBm anstatt -30dBm.
Für eine Antenne mit 24dBi Gewinn müssten Sie dagegen 19dB geringere Werte aus der Tabelle nutzen (24dBi - 5dBi [5dBi Gewinn ist bereits in der Tabelle eingerechnet]).
Beispielsweise: -43dBm anstatt -24dBm.

Bei einem Kabel mit 5dB Dämpfung müssten Sie 4dB höhere Werte aus der Tabelle nutzen (5dB - 1dB [1dB Dämpfung ist bereits in der Tabelle eingerechnet]).

Beispielsweise: -24dBm anstatt -28dBm.

TIPP:
Selbst wenn Ihnen die Frequenz des Senders NICHT bekannt ist, können Sie dennoch eine vergleichsweise sehr genaue Feldstärke-Messung erhalten, indem Sie einfach den Wert aus der Spalte “Lambda X” ansetzen. Dann werden ALLE Sender zusammen, zwischen 900MHz und 2,4GHz, mit lediglich ca. +/-4dB Unsicherheit gewichtet. Der Frequenzbereich 900MHz bis 2,4GHz umfasst dabei viele Sendequellen wie z.B. fast alle Mobilfunk Sender (GSM900, GSM1800, UMTS) und dazugehörige Handys aber auch das 2,4GHz WLan und Mikrowellengeräte.

Tabelle 2: Umrechnung von W/m² in µW/cm² und mW/cm²

0,000.001 W/m²	0,000.1 µW/cm²	0,000.000.1 mW/cm²
0,000.01 W/m²	0,001 µW/cm²	0,000.001 mW/cm²
0,000.1 W/m²	0,01 µW/cm²	0,000.01 mW/cm²
0,001 W/m²	0,1 µW/cm²	0,000.1 mW/cm²
0,01 W/m²	1 µW/cm²	0,001 mW/cm²
0,1 W/m²	10 µW/cm²	0,01 mW/cm²
1 W/m²	100 µW/cm²	0,1 mW/cm²

Tabelle 3: Umrechnung von µW/cm² in V/m und A/m

0,000.1 µW/cm²	0,019.4 V/m	0,000.051.5 A/m
0,001 µW/cm²	0,061.4 V/m	0,000.162 A/m
0,01 µW/cm²	0,194 V/m	0,000.515 A/m
0,1 µW/cm²	0,614 V/m	0,001.62 A/m
1 µW/cm²	1,94 V/m	0,005.15 A/m
10 µW/cm²	6,14 V/m	0,016.2 A/m
100 µW/cm²	19,4 V/m	0,051.5 A/m

Tabelle 4: dBm in dBW und W

0 dBm	-30dBW	0,001W	1mW
-10dBm	-40dBW	0,000.1W	100µW
-20dBm	-50dBW	0,000.01W	10µW
-30dBm	-60dBW	0,000.001W	1µW
-40dBm	-70dBW	0,000.000.1W	100nW
-50dBm	-80dBW	0,000.000.01W	10nW
-60dBm	-90dBW	0,000.000.001W	1nW
-70dBm	-100dBW	0,000.000.000.1W	100pW

dBm = Dezibelmilliwatt, dBW = Dezibelwatt, W = Watt,
mW = Milliwatt, µW=Microwatt, nW= Nanowatt, pW=Picowatt

Tabelle 5: Frequenz, Wellenlänge und Frequenzbandbezeichnung

3 Hz-30 Hz	100.000 km - 10.000 km	ULF
30 Hz-300 Hz	10.000 km - 1.000 km	ELF
300 Hz-3 kHz	1.000 km - 100 km	VF
3 kHz-30 kHz	100 km - 10 km	VLF
30 kHz-300 kHz	10 km - 1 km	LF
300 kHz-3 MHz	1 km - 100 m	MF
3 MHz-30 MHz	100 m - 10 m	HF
30 MHz-300 MHz	10 m - 1 m	VHF
300 MHz-3 GHz	1 m - 10 cm	UHF
3 GHz - 30 GHz	10 cm - 1 cm	SHF

Tabelle 6: Verstärkungsfaktor der Leistung und dazugehöriger dB-Wert:

1	0 dB
2	3 dB
2,5	4 dB
4	6 dB
5	7 dB
8	9 dB
10	10 dB
100	20 dB
1 000	30 dB
10 000	40 dB
100 000	50 dB
1 000 000	60 dB
10 000 000	70 dB
dB = Dezibel	

12.2. Frequenz-Tabellen

Tabelle 7: Funktelefone, Frequenzen und Betreiber

Start-/	Stop-Frequenz	Kurzzeichen	Betreiber
864,1	868,1	CT2	Private
885,0	887,0	CT1+ (UL)*	Private
914,0	915,0	CT1 (UL)*	Private
930,0	932,0	CT1+ (DL)*	Private
959,0	960,0	CT1 (DL)*	Private
1.880	1.900	DECT	Private
5.725	5.825	DECT2	Private

Alle Frequenzangaben in MHz.

(UL) = "Uplink" bedeutet meist "Handgerät" (Beweglicher Sender, der zum Sendeturm funkt z.B. ein Handy).
(DL) = "Downlink" bedeutet meist "Basis-Station" (Fester Sender, der zum Handgerät funkt z.B. eine Basisstation).

* Betriebserlaubnis abgelaufen
CT1+: Schnurloses Telefon (Analog). Betriebserlaubnis abgelaufen. 10mW EIRP.
DECT: Basisstation sendet immer, auch wenn nicht telefoniert wird. 250mW EIRP.
DECT2: Neue Generation von schnurlosen Telefonen ("DECT Nachfolger"). 25mW EIRP.

Ausführlichere Listen erhalten Sie unter www.aaronia.de/grundlagen

Tabelle 8: Deutsche GSM900 Frequenzen und Betreiber

Start-/	Stop-Frequenz	Kurzzeichen	Betreiber
876,2	880,0	GSM-R (UL)	Deutsche Bahn
880,1	885,1	GSM900 (UL)	E-Plus
885,1	890,1	GSM900 (UL)	O2-Germany
890,2	892,4	GSM900 (UL)	Vodafone
892,6	899,8	GSM900 (UL)	T-Mobile
900,0	906,0	GSM900 (UL)	Vodafone
906,2	910,4	GSM900 (UL)	T-Mobile
910,6	914,2	GSM900 (UL)	Vodafone
914,4	914,8	GSM900 (UL)	T-Mobile
921,2	925,0	GSM-R (DL)	Deutsche Bahn
925,1	930,1	GSM900 (DL)	E-Plus
930,1	935,1	GSM900 (DL)	O2-Germany
935,2	937,4	GSM900 (DL)	Vodafone
937,6	944,8	GSM900 (DL)	T-Mobile
945,0	951,0	GSM900 (DL)	Vodafone
951,2	955,4	GSM900 (DL)	T-Mobile
955,6	959,2	GSM900 (DL)	Vodafone
959,4	959,8	GSM900 (DL)	T-Mobile

Alle Frequenzangaben in MHz.

(UL) = "Uplink" bedeutet meist "Handgerät" (Beweglicher Sender, der zum Sendeturm funkt z.B. Handy). Ihre Pulsung erfolgt mit 217Hz. Die Leistung schwankt von 20mW-2W (Peak).

(DL) = "Downlink" bedeutet meist "Basis-Station" (Fester Sender, der zum Handgerät funkt z.B. Sendeturm). Ihre Pulsung erfolgt mit 217Hz. Organisationskanal pulst mit 1.736Hz. Die Leistung kann von 0,5 bis 400W ERP schwanken. Reichweite bis 32km.

Ausführlichere Listen erhalten Sie unter www.aaronia.de/grundlagen

Tabelle 9: Deutsche GSM1800 Frequenzen und Betreiber

Start-/	Stop-Frequenz	Kurzzeichen	Betreiber
1.710,0	1.725,0	GSM18K (UL)	Militär
1.725,2	1.730,0	GSM18K (UL)	T-Mobile
1.730,2	1.752,4	GSM18K (UL)	O 2
1.752,8	1.758,0	GSM18K (UL)	Vodafone
1.758,2	1.780,4	GSM18K (UL)	E Plus
1.805,0	1.820,0	GSM18K (DL)	Militär
1.820,2	1.825,0	GSM18K (DL)	T-Mobile
1.825,0	1.847,4	GSM18K (DL)	O 2
1.847,8	1.853,0	GSM18K (DL)	Vodafone
1.853,2	1.875,4	GSM18K (DL)	E Plus

Alle Frequenzangaben in MHz.

(UL) = "Uplink" bedeutet meist "Handgerät" (Beweglicher Sender, der zum Sendeturm funkt z.B. Handy). Ihre Pulsung erfolgt mit 217Hz. Die Leistung schwankt von 25mW-1W (Peak).
(DL) = "Downlink" bedeutet meist "Basis-Station" (Fester Sender, der zum Handgerät funkt z.B. Sendeturm). Ihre Pulsung erfolgt mit 217Hz. Organisationskanal pulst mit 1.736Hz. Die Leistung kann von 0,5 bis 300W ERP schwanken. Reichweite bis 16km.

Ausführlichere Listen erhalten Sie unter www.aaronia.de/grundlagen

Tabelle 10: Deutsche UMTS Frequenzen und Betreiber

Start-/	Stop-Frequenz	Kurzzeichen	Betreiber
1.920,3	1.930,2	UMTS (UL)	Vodafone
1.930,3	1.940,2	UMTS (UL)	Group 3G
1.940,3	1.950,2	UMTS (UL)	e-plus
1.950,0	1.959,9	UMTS (UL)	MobilCom
1.959,9	1.969,8	UMTS (UL)	O2
1.969,8	1.979,7	UMTS (UL)	T-Mobile D
2.110,3	2.120,2	UMTS (DL)	Vodafone
2.120,2	2.130,1	UMTS (DL)	Group 3G
2.130,1	2.140,0	UMTS (DL)	e-plus
2.140,0	2.149,9	UMTS (DL)	MobilCom
2.149,9	2.159,8	UMTS (DL)	O2
2.159,8	2.169,7	UMTS (DL)	T-Mobile D

Alle Frequenzangaben in MHz.

(UL) = "Uplink" bedeutet meist "Handgerät" (Beweglicher Sender, der zum Sendeturm funkt z.B. Handy). Die Leistung schwankt von 2,5mW-250mW.
(DL) = "Downlink" bedeutet meist "Basis-Station" (Fester Sender, der zum Handgerät funkt z.B. Sendeturm). Die Leistung kann von 0,5-500W ERP schwanken. Reichweite bis 8km.

Ausführlichere Listen erhalten Sie unter www.aaronia.de/grundlagen

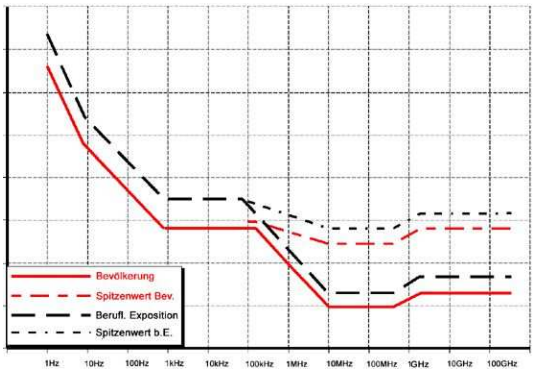
12.3. Grenzwerte

Für Funkanlagen, einschließlich des Mobilfunks, gibt es international anerkannte Grenzwerte aber auch diverse Vorsorgewerte und Empfehlungen. Je nach Interessengemeinschaft, Berufsgruppe oder Nation sind die Grenzwerte und Empfehlungen unterschiedlich.

Die deutschen Grenzwerte werden durch die dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) nachgeordnete Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP) vergeben. Die hauptsächliche Basis der deutschen Grenzwerte ist die Wärmeentwicklung durch hochfrequente Felder. Hierbei wird angenommen, dass gesundheitliche Wirkungen nur dann auftreten, wenn sich das Körpergewebe um mehr als 1°C erwärmt. Über diese Grenzwerte besteht unter allen internationalen und nationalen Gremien ein weitgehendes Einvernehmen. Für Deutschland sind sie in der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) festgehalten und orientieren sich an den internationalen Empfehlungen. Als Nachweis, dass eine Funkanlage die vorgeschriebenen Grenzwerte einhält, dient die Standortbescheinigung der Reg TP.

Die deutschen Grenzwerte sind bestimmt für quadratisch gemittelte, über 6-Minuten-Intervalle erfasste Messwerte, und sind nach Frequenzbereichen aufgegliedert. Je nach Personengruppe gibt es wiederum verschiedene Grenzwerte. Als Beispiel soll hier der Grenzwert für die Bevölkerung dienen:

Frequenz [MHz]	E-Feldstärke [V/m]	M-Feldstärke [A/m]
1 - 10	$87 / \sqrt{f}$	$0{,}73 / \sqrt{f}$
10 - 400	27,5	0,073
400 - 2.000	$1{,}375 * \sqrt{f}$	$0{,}0037 * \sqrt{f}$
2.000 - 300.000	61	0,16



Vorstehende Grafik zeigt die Aufarbeitung u. a. der obigen Formeln über den Frequenzbereich von 1Hz bis 100GHz. Der Kurvenverlauf zeigt, dass die zur HF-Messung häufig verwendeten „Breitbandmessgeräte“ nicht in der Lage sein können, diese Grenzwerte richtig zu messen, da sie nicht frequenzselektiv sind.

Deutlich ist auch der Unterschied der Grenzwerte bei den Personengruppen zu erkennen und die jeweiligen erlaubten „Höchstwerte“.

Rechenbeispiele:

Für Basisstationen des D-Netzes bedeutet dies, dass die elektrische Feldstärke unter 1,375 * √935 MHz oder ca 42 V/m liegen muss.

Für Basisstationen des E-Netzes bedeutet dies, dass die elektrische Feldstärke unter 1,375 * √1800 MHz oder ca. 58 V/m liegen muss.

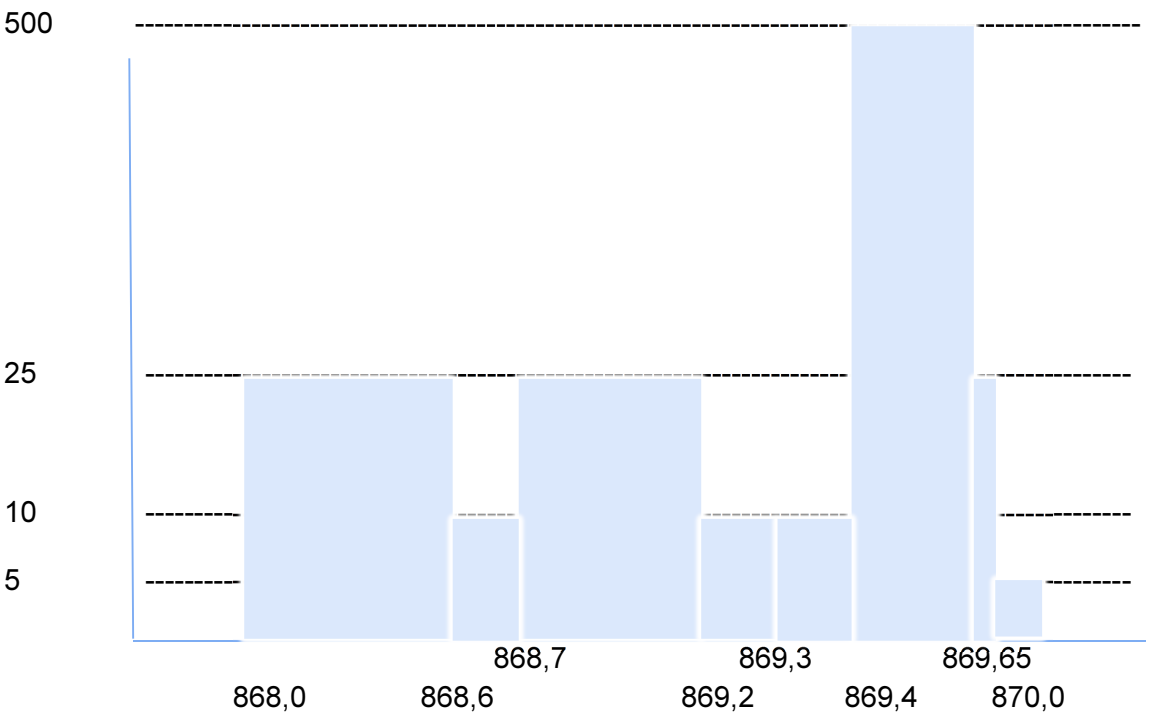
Die zulässigen Höchstwerte betragen nochmals das jeweils 32fache.

Die höchste Belastung durch hochfrequente Strahlung wird überwiegend durch die hohen Sendeleistungen von Fernseh- und Rundfunksendern verursacht. Im Gegensatz zur verbreiteten Meinung, sind aber oft nicht die Mobilfunk-Sendetürme, sondern vielmehr die eigenen Haustelefone (sog. DECT-Telefone) oder die Mikrowelle die Hauptstrahlungsquellen im eigenen Haushalt.

12.4. Anlagen-Grenzwerte

Im Unterschied zu den Grenzwerten zum Personenschutz sind die sog. Anlagen-Grenzwerte oft erheblich restriktiver und viel stärkeren Leistungsschwankungen im Bezug auf die Frequenz unterworfen. Ein Handy hat z. B. einen ganz anderen Anlagen-Grenzwert als ein Fernsehsender. Hier schwanken die erlaubten Werte durchaus um das millionenfache. Dennoch müssen alle Anlagengrenzwerte die Grenzwerte zum Personenschutz einhalten und sind diesen untergeordnet.

Ein besonders restriktives Beispiel für einen Anlagengrenzwert ist das ISM868-Band. Es bietet eine extreme Leistungs-Dynamik in einem sehr kleinen Frequenzbereich:



Abschwächer 24
Akku 7, 10, 11, 50
akustische 55, 57
AM 12, 17, 50, 55
Amp 32
Amplitudenmoduliert 55
Anschlüsse 9
AntTyp 33, 42
Anzeige-Modus 29
Atten 24
Attenuator 34, 47, 58
AudInd 27
Audio-Anschluss 1, 10
Auto 6, 47, 64
BackBB 33
Bahnstrom 5
Bargraph 15, 33, 50, 58
Batterie-Anzeige 15
Breitband 12, 55, 58
Bright 35
Cable 34, 42
Calib 35
Center 1, 18, 19, 20, 26, 49, 55, 57, 63
Clear-/ 12
Cursor 49
DECT 14, 57
DECT-Analyzer Modus 14
Demod 26, 27
Demodulator 26, 55
Demodulator/Audio-Analyse 26
Detect 28
Detektor 12, 28, 50, 58
Detektor Typ 28
Detektoren 17, 55
Disp 29
Display 15, 16, 32, 50, 51, 53, 55, 58, 61, 62
Einheit festlegen 30
Empfindlichkeit 2, 6, 21, 24, 33, 47, 48, 58
Enter-Taste 12, 19, 35, 42, 51, 53, 61, 62
Erste Messung 50
fLow & fHigh 19, 20
FM 12, 17, 50, 55
Formel 47, 54, 58, 74, 75, 77
Freq 32
Frequenzmoduliert 55
Gewährleistung 5
Grenzwertberechnung 12, 50, 58
Grenzwertberechnungen 3, 28, 31, 65
Grundrauschen 2, 21, 22, 28, 38, 44, 47, 48
GSM 17, 27, 35, 50
GSM900 14, 51, 52, 57, 63
GSMbst 35
GSMdst 35
Haftung 1, 5, 6
Handys 45, 57
Hardware 2, 40, 41, 42, 43
Harmonische 45, 65
Haupt 12, 15, 50, 51, 58, 61, 62
Haupt-Menü 12
Hochfrequente 44
Hotkeys 1, 14, 38, 51
HyperLOG Antenne 40, 41, 42
ICNIRP 28, 54, 55
Inbetriebnahme 6, 7, 40, 50
Info-Anzeige 38, 50, 57
ISM434 14
ISM868 14
Jog Dial 9, 19, 42
Ladegerät 7
Lieferumfang 6, 7, 40
Logger 36
LTE 50, 51
LTE800 14
Manuelle Einstellung 3, 61
Marker-Block 15, 16, 50
Marker-Display-Modus 32
MarkLvl 31
Maßeinheiten 3, 65, 73, 74
Messunsicherheit 48
Mittenfrequenzen 79
Mode Statusfeld 15, 50, 51, 52, 53, 55, 58
MrkCnt 31
MrkDis 32
niederfrequenten 5
Oben-/Unten-Pfeiltasten 57
On/Off-Taste 12
Pfeil-Tasten 12, 19, 20, 21, 22, 54, 61
Phasenmoduliert 55
PM 17, 55
Power-Meter 33, 58
Punkt-Taste 12, 52, 55
Range 23
RBW 12, 17, 21, 57, 62, 63, 64, 65
Reflev 22
RefOff 34
RunPrg 37
Salz 1 54
Salz 2 54
Salz 3 54
Schwenk-Methode 2, 52, 63
Setup 38, 40, 41, 42, 64
Shift-Taste 12
Sicherheitshinweise 6
Signalarten 65
Signalstärken 24, 70
SMA-Adapter 7, 41
SMA-Buchse 40, 41
SMA-Kabel 7, 34, 40, 42
SMA-Schlüssel 7, 40, 41
Span 1, 3, 19, 20, 21, 27, 28, 49, 63, 65
Speicher 36, 38
Spektrum-Analyse 12, 50, 51, 53, 58

Start-Frequenz 61
Stromanschluss 11
Sweep 1, 3, 12, 20, 21, 22, 27, 44, 47, 49, 61, 62, 63, 64, 65
SwTime 22, 58, 63, 64, 65
Technische Daten 17
Tetra 14
Tipps 63
UMTS 14, 50, 51, 61, 62
Unit 30, 65
USB-Anschluss 1, 9
Wanzensucher 27
Wellenlänge 3, 75, 77, 82
WLan 14, 45, 65
Zahlen-Block 1, 14
Zoom 49